

BERICHTE  
aus dem  
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE  
an der  
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT · KIEL

Nr. 36

Eine Entwicklung des Geopotentialfeldes  
der 500 mb-Fläche im Winter der Nordhalbkugel  
in natürliche Orthogonalfunktionen  
und eine  
Interpretation der Ergebnisse  
im Zusammenhang mit tatsächlichen  
synoptischen großskaligen Wetterlagen

WERNER JECKSTROM

DOI 10.3289/IFM-BER-36

1977

Berichte  
aus dem  
Institut für Meereskunde  
an der  
Christian-Albrechts-Universität Kiel

Nr. 36

1977

DEVELOPMENT OF THE GEOPOTENTIAL FIELD  
OF THE 500 MB-SURFACE IN NORTHERN HEMISPHERE  
WINTER INTO NATURAL ORTHOGONAL FUNCTIONS  
AND AN INTERPRETATION OF THE RESULTS IN  
CONNECTION WITH ACTUAL SYNOPTIC LARGE-SCALE  
WEATHER SITUATIONS

von

WERNER JECKSTRÖM

Kopien dieser Arbeit können bezogen werden von:

Institut für Meereskunde  
Abt. Maritime Meteorologie  
Düsternbrooker Weg 20  
D 2300 K i e l 1

---

ISSN 0341-8561

## SUMMARY

The geopotential field of the 500 mb-surface of the Northern Hemisphere has been developed into natural orthogonal functions. With a restriction to admissible waves in zonal direction of 8 and in great circle direction of 12, we obtain series consisting of 79 terms, each of which consists of a component dependent on the location (*natural orthogonal functions*), a further component dependent on time (*coefficients of the natural orthogonal functions*). The actual condition of the atmosphere at a certain time radiosonde ascent mirrors itself in the coefficients of this sequential development. Since the generalized Fourier coefficients tend asymptotically to zero, it follows that the first few coefficients are the most important ones and express to a higher degree the structure of the ascent. While the first coefficient describes the annual variation of the geopotential field of the 500 mb-surface, the second coefficient seems to be a measure for the circulation index. In other words, it decides about a more meridional or zonal character of the global circulation. The subsequent coefficients can be used to describe the geographical position of vertical extensive cyclones and anticyclones in the troposphere. By the variable sign of the third, fifth, sixth and seventh coefficients, for instance, it can be demonstrated that a "high pressure wedge" is located over South-Western and Western America.

EINE ENTWICKLUNG DES GEOPOTENTIALFELDES DER  
500 MB-FLÄCHE IM WINTER DER NORDHALBKUGEL  
IN NATÜRLICHE ORTHOGONALFUNKTIONEN UND EINE  
INTERPRETATION DER ERGEBNISSE IM ZUSAMMENHANG  
MIT TATSÄCHLICHEN SYNOPTISCHEN  
GROSS-SKALIGEN WETTERLAGEN

Freie wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung  
des Grades eines Diplom-Meteorologen der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von: Werner Jeckström  
Referent: Prof. Dr. Fr. Defant

Kiel  
1977

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Zusammenfassung	1
II. Verwendete Bezeichnungen	2
III. Einleitung	4
IV. Einführung in die Theorie der natürlichen Orthogonalfunktionen	5
IV.1 Orthogonalfunktionen und Meteorologie	5
IV.2 Abriß der Fourierreihe als Beispiel für Reihen von Orthogonalfunktionen	7
IV.3 Theorie der Kugelflächenfunktionen	10
IV.4 Berechnung der natürlichen Orthogo- nalfunktionen	15
IV.5 Die natürlichen Orthogonalfunktionen	18
V. Die Daten und ihre Verarbeitung	21
VI. Interpretation der Koeffizienten der natür- lichen Orthogonalfunktionen nach subjektiver Auswahl von jeweils 5 zonalen und meridiona- len Wetterlagen aus synoptischen Wetterkarten	25
VII. Die Koeffizienten der Kugelflächenfunktionen als Repräsentanten der allgemeinen Zirkulation	38
VII.1 Terminauswahl mit Hilfe des zweiten Kugelflächenfunktionskoeffizienten	38
VIII. Die Koeffizienten der natürlichen Orthogonal- funktionen bei vertikal hochreichenden Anti- zyklonen über N-, NO-Europa	82
IX. Synthetisch erzeugte Geopotentialfelder zur Überprüfung der Ergebnisse	88
X. Zusammenfassung der Ergebnisse	110
XI. Danksagung	111
XII. Literaturverzeichnis	112
XIII. Tabellenverzeichnis	114
XIV. Abbildungsverzeichnis	117

## I. ZUSAMMENFASSUNG

Das Geopotentialfeld der 500 mb-Fläche der Nordhalbkugel wurde in natürliche Orthogonalfunktionen entwickelt. Mit einer Beschränkung der zulässigen Wellen in zonaler Richtung auf 8 und in Großkreisrichtung auf 12 erhalten wir 79 *Reihenglieder*, die jeweils aus einem ortsabhängigen Teil (*natürliche Orthogonalfunktionen*) und einem zeitabhängigen Term. (*Koeffizienten dieser natürlichen Orthogonalfunktionen*) bestehen. In den Koeffizienten dieser Reihenentwicklung spiegelt sich der augenblickliche Zustand der Atmosphäre während eines Radiosondaufstiegs wieder. Aus der Nullfolgeeigenschaft der verallgemeinerten Fourierkoeffizienten folgt, daß die ersten Koeffizienten die größte Aussagekraft haben. Während der erste Koeffizient den Jahresgang des Geopotentials der 500 mb-Fläche beschreibt, zeigt sich beim 2. Koeffizienten ein Maß für den Zirkulationsindex. Er bringt daher einen meridionalen oder zonalen Charakter der globalen Zirkulation zum Ausdruck. Die nachfolgenden Koeffizienten können benutzt werden, um mit ihnen die geographische Lage von vertikal hochreichenden Zyklonen und Antizyklonen in der Troposphäre zu beschreiben. So läßt sich zum Beispiel zeigen, daß ein "Hochdruck-Rücken" über Südwest- und Westamerika durch die Vorzeichenverteilung des dritten, fünften, sechsten und siebten Koeffizienten festgelegt ist.

## II. VERWENDETE BEZEICHNUNGEN

$\phi$	Geographische Breite
$\lambda$	Geographische Länge
$t$	Termin
$n$	Wellenzahl
$x, y, z$	Variable
$\pi$	Pi: = 3.14...
$\int$	Integral
$\sin$	sinus
$\cos$	cosinus
$dx$	infinitesimal kleine Änderung von $x$
$a_n, b_n$	Fourierkoeffizienten
$f(x)$	wahre Funktion
$f_n(x)$	Näherungsfunktion
$k, v$	Laufindex
$Y$	Kugelflächenfunktion
$\frac{\partial}{\partial x_v}$	Partielle Ableitung nach $x_v$
$r$	Radius einer Kugel
$D$	Punkt
$O$	Ursprung des Koordinatensystems
$n$	Großkreiswellenzahl
$m$	Zonale Wellenzahl
$i$	$\sqrt{-1}$
$b_k(t)$	Kugelflächenfunktionskoeffizient
$\Delta$	Delta
$\omega$	Verknüpfungszeichen
$T$	Operator
$w_i^2$	Eigenwert mit Index $i$
$b_k$	Zeitlich gemittelter Koeffizient
$\mathcal{C}_k$	Eigenvektor mit Index $k$
$x_{i,k}$	Elemente des Eigenvektors
$A$	Kovarianzmatrix

$P(x)$	Eigenfunktion
$E$	Einheitsmatrix
$\alpha$	Winkel
$P_i$	Orthogonalfunktion mit Index $i$
GMT	Greenwich Mean Time
kn	Knoten
DWD	Deutscher Wetterdienst
N-	Nord
S-	Süd
W-	West
O-	Ost
M-	Mittlerer Bereich zwischen = 30-60 Nord
NW	Nordwest
NO	Nordost
SW	Südwest
SO	Südost
IN	Menge der natürlichen Zahlen
$a$	eine natürliche Zahl
$G$	ein Gebiet
$\overline{\phi(\phi, \lambda, t)}$	zeitlich und räumlich gemitteltes Geopotentialfeld



### III. EINLEITUNG

Seit das Beobachtungsnetz dank neuer Technologien immer dichter geworden ist, stellt sich bei wissenschaftlichen Untersuchungen das Problem, wie man die gewaltige Zahl von anfallenden Meßdaten auch tatsächlich vernünftig behandeln kann. Die Menge von Meßdaten werden in jüngster Zeit zum einen aus Meldungen von Wettersatelliten gewonnen, zum anderen in Form von synoptischen Routinemeldungen bei den einzelnen Wetterdiensten gesammelt. Allein die aerologischen Daten, die täglich von den ca. 600 Radiosonden-Stationen auf der Nordhalbkugel der Erde ermittelt werden, liegt bei 72 000 oder weit über 250 000 000 Daten in 10 Jahren. Dabei ist zu sagen, daß die Menge der meteorologischen Daten mittlerweile die Zahl der Radiosondendaten übersteigt. - Für den Wissenschaftler stellt sich nun das Problem, hieraus ein vernünftige Bild zu erhalten. Diese kann er aber nur bekommen, wenn er die Unmenge von Daten sinnvoll reduziert; dieses geschah bis in die frühen fünfziger Jahre so, daß der Wissenschaftler eine Vorauswahl traf, die aber dazu führen konnte, daß die vorhandenen Meßdaten nicht optimal ausgenutzt wurden. Seitdem es nun Großrechenanlagen und maschinenlesbare Datenarchive gibt, kann man die Datenreduktion nach objektiven Kriterien optimal durchführen. Die natürliche Orthogonalfunktionen bieten sich hier geradezu an, weil sie geeignet sind, eine große Anzahl von eng miteinander korrelierten Gitterpunktwerten auf eine wesentlich kleinere Anzahl von nicht miteinander korrelierten Koeffizienten zu ersetzen, wobei jedoch fast sämtliche Information erhalten bleibt, die auch in der Gitterpunktdarstellung existiert.

## IV. EINFÜHRUNG IN DIE THEORIE DER NATÜRLICHEN ORTHOGONALFUNKTIONEN

### IV.1 ORTHOGONALFUNKTIONEN UND METEOROLOGIE

Seit den frühen fünfziger Jahren kennt man in der Meteorologie den Begriff der natürlichen Orthogonalfunktionen. Der geschichtliche Fortgang der natürlichen Orthogonalfunktionen wurde von S. BODIN Lit. (1) 1973 in seiner Veröffentlichung "Notiser och preliminära rapporter, Serie Met., Nr. 33" beschrieben. Der Begriff der natürlichen Orthogonalfunktionen wurde 1951 von FUKUOKA Lit. (2) mit Hilfe statistischer Methoden eingeführt. Die mathematische Methode, mit der man die Eigenvektoren einer Matrix von Quadrat und Kreuzproduktion bestimmen kann, ist von LORENZ Lit. (3) 1956 beschrieben worden, der als erster die Möglichkeiten für die Meteorologie erkannt hatte. LORENZ machte deutlich, daß mit Hilfe der Orthogonalfunktionen statistische Vorhersagen gemacht werden können. Unabhängig davon konnte BAGROV 1959 ähnliche Beiträge liefern. Die Anwendung der LORENZ'schen Erkenntnisse wurde vor allem deshalb verzögert, weil es keinen für die Rechnungen nötigen elektronischen Computer gab; dazu kamen dann auch noch Programmierprobleme, die aber von GILMAN 1957 zu einem wesentlichen Teil gelöst wurden. OBUKOV 1960 und der Schwede HOLMSTRÖM Lit. (4) 1963 zeigten, daß diese Funktionen auch zur Behandlung dynamischer Probleme zu gebrauchen sind, indem zur Bestimmung der empirischen Orthogonalfunktionen vertikale Eigenfunktionen benutzt wurden. Obwohl OBUKOV und HOLMSTRÖM mit verschiedenen Näherungsverfahren für die Herleitung der Orthogonalfunktionen arbeiteten, erhielten sie doch ähnliche Ergebnisse. Aus der Minimum-Bedingung der Reihenentwicklung findet HOLMSTRÖM die empirischen Orthogonalfunktionen. Für Geopotential, Temperatur und Wind entwickelt er orthogonale Reihen. Sowohl für die vertikale Struktur des Geopotentials der Atmosphäre, wie auch für horizontale Felder fand HOLMSTRÖM, daß schon die

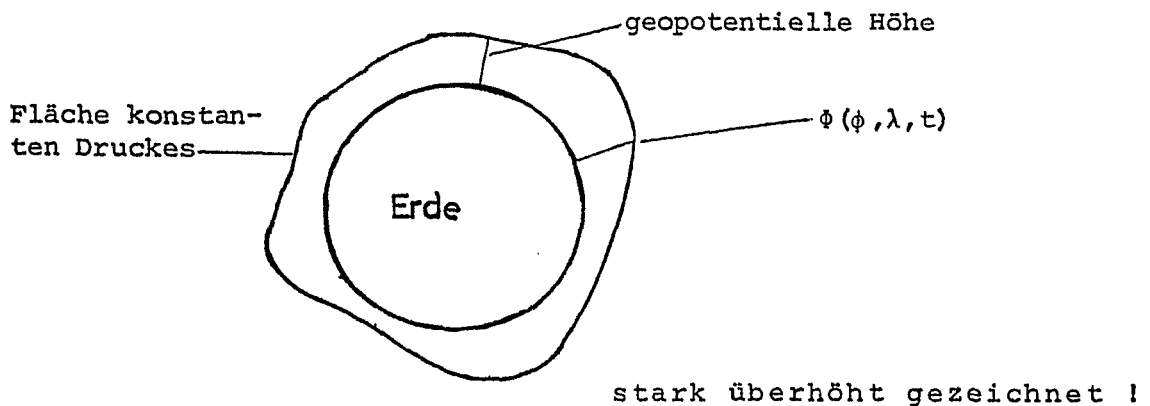
ersten 3 Reihenglieder genügten, um fast das ganze Feld zu erhalten. Vor allem in der Sowjetunion finden empirische Orthogonalfunktionen auf anderen meteorologischen Gebieten Anwendung. So untersuchte SONECHKIN zum Beispiel verschiedene "Wolkensysteme", indem er den einzelnen Koeffizienten der Orthogonalfunktionen entsprechende "Systeme" zuordnete. Die Überlegungen des Schweden HOLMSTRÖM wurden durch Arbeiten von RUKOVETZ 1963, KORAVA und MALKEWICH 1965 sowie PROPOW 1965 fortgesetzt; Temperatur, Feuchte, Geopotential, Vorticity und Wind wurde von ihnen in natürliche Orthogonalfunktionen entwickelt. 1974 wurden Temperatur, Feuchte und Geopotential von ERDMAN, Lit. (5) in vertikaler Richtung durch natürliche Orthogonalfunktionen dargestellt. Dabei gelang es, den vertikalen Aufbau der Atmosphäre über einer Station mit bestimmten Koeffizienten zu beschreiben. In der Arbeit von CRADDOCK und FLOOD, Lit (6) 1969 wird das Geopotentialfeld der 100 mb-Fläche untersucht und in horizontale, natürliche Orthogonalfunktionen zerlegt, wie es auch in meiner Arbeit geschieht. FECHNER, Lit. (7) tat dieses 1975, indem er die winterliche 500 mb-Fläche in natürliche Orthogonalfunktionen entwickelte. In meiner Arbeit werde ich die von Fechner berechneten Reihenglieder benutzen, um speziell die Koeffizienten meteorologisch zu interpretieren.

Es wird der Vergleich mit den synoptischen Großwetterlagen sowohl anhand der täglichen Wetterkarten als auch mit Hilfe der halbtäglichen Gitterpunktsanalysen des Deutschen Wetterdienstes der Nordhalbkugel erfolgen. Außerdem werden Zeitreihen der wichtigsten Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen erstellt und zur Interpretation herangezogen. Schließlich wird der Zusammenhang zwischen Zirkulationsindex und Koeffizient behandelt.

#### IV.2 ABRISS DER FOURIERREIHE ALS BEISPIEL FÜR REIHEN VON ORTHOGONALFUNKTIONEN

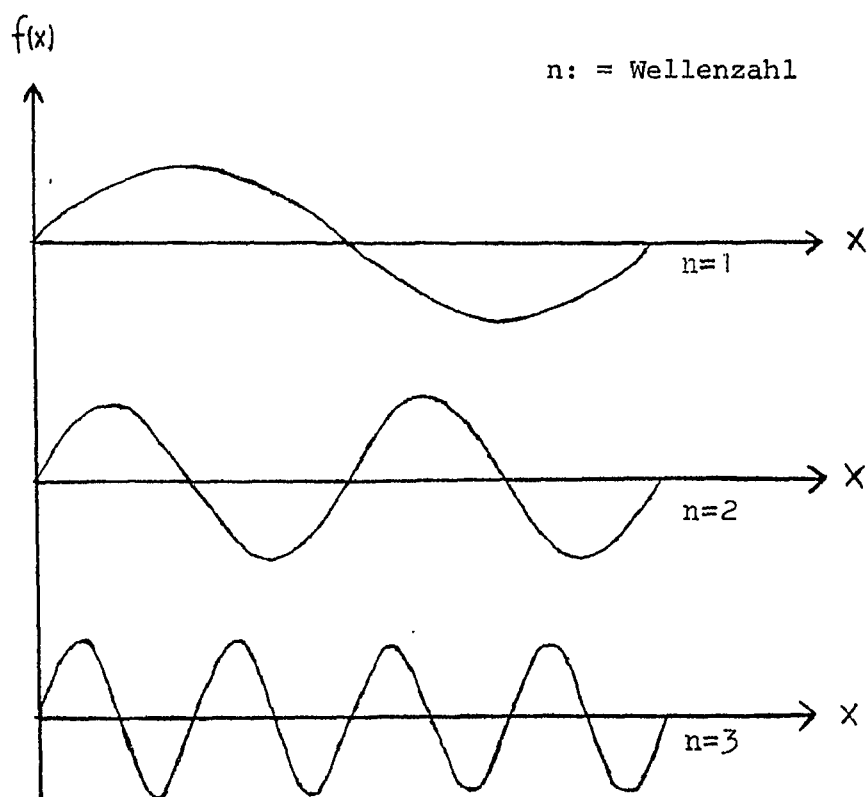
Wenn man das Geopotentialfeld der 500 mb-Fläche betrachtet, so erkennt man, daß es sich um eine mehr oder weniger stark gewellte Fläche handelt. Dieses Feld weist trogförmige Senken an Orten niedrigen Geopotentials auf und entsprechende Aufwölbungen, auch Rücken genannt, an Orten hohen Geopotentials.

Die nachfolgend stark vereinfachte Darstellung wird dieses noch klarer machen.



Dieser Verlauf der Schwingungen kann mit einer Überlagerung von sin- und cos-Wellen auf dem jeweils gewählten Großkreis erklärt werden. Die Methode, mit der so eine Auflösung in sin- und cos-Wellen geschieht, mit der also periodische Funktionen durch eine Fouriersche Reihe Lit. (8) dargestellt werden, bezeichnet man als Harmonische Analyse, Lit. (9). Man nutzt die Eigenschaft von trigonometrischen Reihen aus, die folgende Form haben:

$$f(x) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \sin nx + b_n \cos nx)$$



metrisch heißt das folgendes: Mit wachsendem  $n$  nimmt die Wellenzahl zu, die Wellenlänge aber ab, siehe Zeichnung. Die Koeffizienten  $a_n$  und  $b_n$  dieser trigonometrischen Reihe werden nun so gewählt, daß die Reihe für alle Werte von  $x$  gleichmäßig konvergiert, Lit. (10).

Die Bedeutung von Reihen mit Koeffizienten in meiner Zeit eine wesentliche Rolle spielt, werde ich die Berechnung des 1. Koeffizienten ausführlich behandeln.

*Anmerkung:*

Falls  $x$  ist diese Reihe gleichmäßig konvergent. Die Funktion  $f(x)$  sei stetig, Lit. (10), also auch über  $(-\pi, +\pi)$  integrierbar

$$\int_{-\pi}^{+\pi} \cos nx \, dx = 0 ; \quad \int_{-\pi}^{+\pi} \sin nx \, dx = 0 ;$$

Dann folgt:

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \, dx &= \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{+\pi} a_0 \, dx \\ &= \frac{1}{2} \left| a_0 x \right|_{-\pi}^{+\pi} = \frac{1}{2} (a_0 \pi + a_0 \pi) \\ &= a_0 \pi \end{aligned}$$

Hieraus erhält man für  $a_0$ :

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cdot dx$$

Die verbleibenden Koeffizienten werden analog berechnet. Allgemein gilt für die Koeffizienten  $a_n$  und  $b_n$ :

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cdot \cos nx \cdot dx \\ b_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cdot \sin nx \cdot dx \end{aligned}$$

Die Frage ist nun, wie wählt man die  $2n+1$  Konstanten, damit dieses trigonometrische Polynom  $n$ -ter Ordnung möglichst gut mit der Funktion  $f(x)$  übereinstimmt. "Möglichst gut" soll heißen, daß der mittlere Wert des Quadrates der Differenz  $f(x) - f_n(x)$  minimal wird.  $f(x)$  gibt den tatsächlichen Verlauf des Geopotentialfeldes wieder, während

$$f_n(x) : \approx \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^n (a_n \sin nx + b_n \cos nx)$$

in einer Fourierreihe das Geopotential darstellt. Es soll also

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} \left| f(x) - f_n(x) \right|^2$$

ein Minimum werden.

### Die Größenordnung der Fourierkoeffizienten

Sind die  $a_0, a_1 \dots a_n$  und  $b_1 \dots b_n$  die Fourierkoeffizienten einer über  $(-\pi, +\pi)$  quadratisch integrierbaren Funktion  $f(x)$ , so ist die Reihe

$$\frac{1}{2} a_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)$$

konvergent und die Summe genügt der "Bessel"schen Ungleichung", Lit. (11).

$$\frac{1}{2} a_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2) \leq \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f^2(x) \cdot dx$$

Die Fourierkoeffizienten  $a_n$  und  $b_n$  bilden je eine Nullfolge, Lit (8). Diese Eigenschaft der Koeffizienten wird, wie später noch gezeigt wird, gerade ausgenutzt. Die Tatsache, daß die Aussagekraft der Koeffizienten mit abnehmendem Index wächst, läßt sie die Bedeutung bekommen.

### IV.3 THEORIE DER KUGELFLÄCHENFUNKTION

Die Kugelflächenfunktion, Lit. (12), sind nichts anderes als das Analogon zu den sin- und cos-Funktionen des Kreises. Die  $Y_K(x, y, z)$  müssen in einem Gebiet G des 2-dimensionalen euklidischen Raumes stetige, partielle Ableitungen 2. Ordnung haben und der Laplace'schen Differentialgleichung, Lit. (13), genügen:

$$\nabla^2 Y = \sum_{v=1,2} \frac{\partial^2 Y}{\partial x_v^2} = 0.$$

Üblicherweise werden auf der Kugel Kugelkoordinaten, Lit. (14), verwendet mit

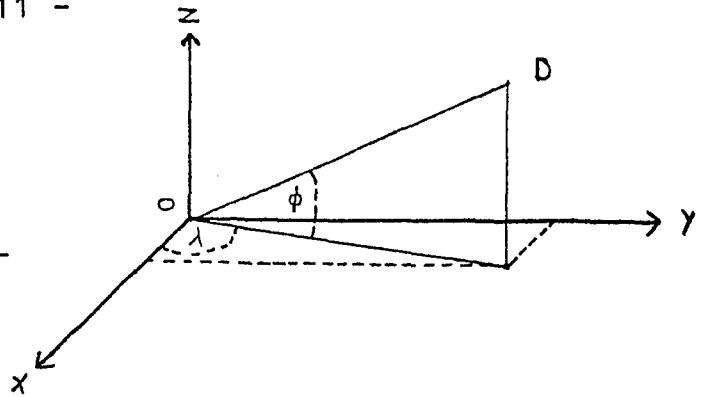
$$x_1 = x = r \cdot \cos \phi \cos \lambda$$

$$x_2 = y = r \cdot \cos \phi \cdot \sin \lambda$$

$$x_3 = z = r \cdot \sin \phi$$

Abb. (6)

mit  $\phi$  = Winkel zwischen  $\overline{OD}$   
 $\lambda$  = Projektion  $\overline{OD}$  in  $xy$ -  
 Ebene



Die Kugelflächenfunktionen sind Orthogonalfunktionen, sie genügen nämlich der Orthogonalitätsbedingung

$$\begin{aligned} y_k \cdot y_l &= 1 & \text{für } k &= l \\ y_k \cdot y_l &= 0 & \text{für } k &\neq l \end{aligned}$$

Anschaulich bedeutet diese Bedingung, daß jede Orthogonalfunktion maximalen Informationsgehalt hat, daß man aber nicht von der einen auf die andere schließen kann; mathematisch ist der Inhalt, daß das innere Produkt von unendlich vielen Punkten existiert und definiert ist. Man findet die Kugelflächenfunktionen, indem man die Eigenfunktion der Laplace'schen Differentialgleichung bestimmt:

$$\frac{1}{\cos \phi} \cdot \frac{\partial}{\partial \phi} \left( \cos \phi \frac{\partial y}{\partial \phi} \right) + \frac{1}{\cos^2 \phi} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial \lambda^2} + n(n+1) \cdot y = 0$$

Hierbei sind die  $n(n+1)$  gerade die Eigenwerte der Laplacegleichung. Die Eigenfunktionen dieser Gleichung, also die Kugelflächenfunktionen haben dann folgende Form:

$$y(\phi, \lambda) = P_n^m(\sin \phi) \cdot e^{im \cdot \lambda}$$

Die  $P_n^m(z)$  sind die zugeordneten Legendre'schen Funktionen Lit. (15) mit geeigneter Normierung.

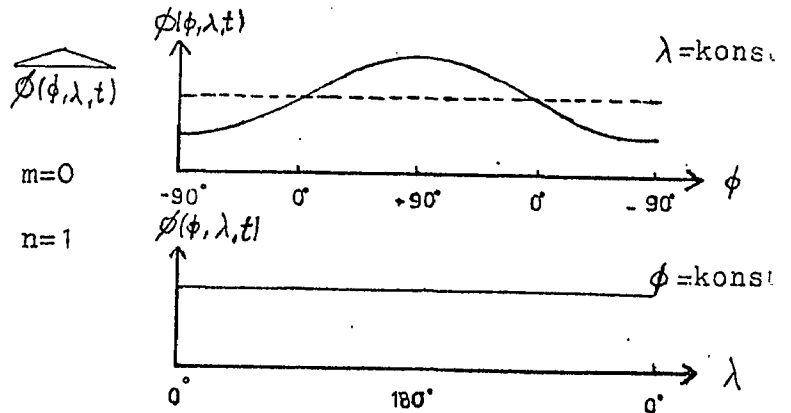
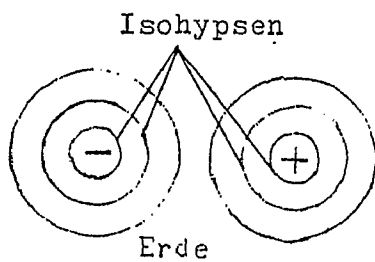
Wenn  $m$  die zonale Wellenzahl  
 und  $n$  die Großkreiswellenzahl ist,  
 muß außerdem für die  $m, n$  folgende Bedingung gelten:

$$-n \leq m \leq n$$

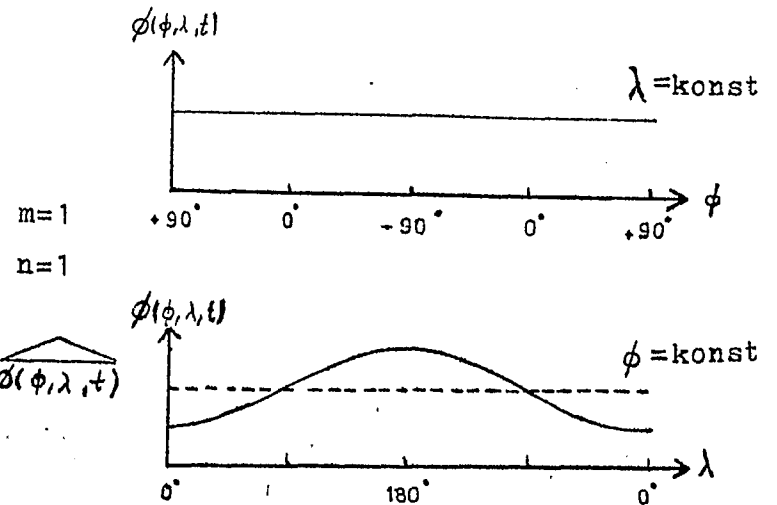
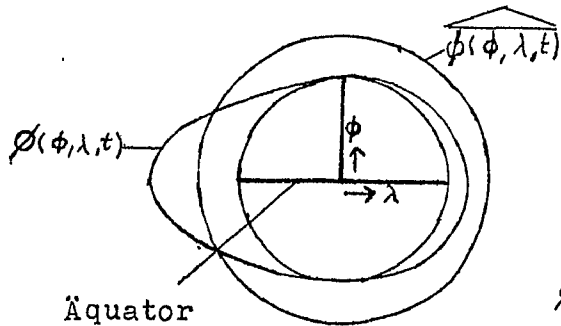
Zum besseren Verständnis sollen zwei Beispiele die zonale -



und die Großkreiswellenzahl illustrieren. Bei einer Sicht von oben auf eine Kugel mit  $m=0$ ,  $n=1$  und  $m=1$ ,  $n=1$  ergeben sich die folgenden Isohypsenfelder, siehe nachfolgende Abbildungen:



Erde bei Sicht von oben,  
Pol jeweils in der Mitte



Für den Fall  $m=0$ ,  $n=1$  liegt bei  $\phi = -90^\circ$  ein Minimum vor, das niedriger als der Mittelwert für das Geopotential ist, siehe gestrichelte Linie, während bei  $\phi = +90^\circ$  das Geopotential maximal ist, hier also über dem Mittelwert liegt. Bei einer Drehung des Geopotentialfeldes um  $90^\circ$  in Nord- und Südrichtung erhalten wir eine Welle in zonaler und eine in Großkreisrichtung, siehe Abbildungen für  $m=1$ ,  $n=1$ . Der Laplaceoperator ist ja gerade ein Maß für die Krümmung unserer Geopotentialfläche. Er ist null bei einem Krümmungswechsel der Fläche und erreicht seine Extremwerte im Gebiet maximaler Flächenkrümmung. -

Eine wesentliche Forderung bei der Bearbeitung der riesigen Meßdatenzahl war ja gerade, diese so zu reduzieren, daß die

Aussagekraft zwar erhalten bleibt, der Arbeitsaufwand aber beträchtlich geringer wird.

Diese Forderung können wir aber erfüllen, wenn wir nicht mehr unendlich viele sich überlagernde Wellen zulassen, sondern uns auf eine bestimmte Anzahl beschränken. Eine Reduktion für die zonale Wellenzahl auf 8 und die Großkreiswellenzahl auf 12 erweist sich als sinnvoll, wie später an den Ergebnissen zu erkennen ist. Wegen der Fouriereigenschaft nämlich, daß die Koeffizienten eine Nullfolge bilden, erkennt man, daß das Hauptgewicht der Reihenglieder mit wachsender Zahl abnimmt. Aus der Reduktion der Wellenzahl sowie zwei weiteren Bedingungen für  $m$  und  $n$  kann man sich die Anzahl der Freiheitsgrade, also die Anzahl der Reihenglieder bestimmen. Die vier notwendigen Bedingungen sind hier nochmals zusammengefaßt.

$$(1) \quad m \leq 8 ; \quad (2) \quad n \leq 12 ; \quad (3) \quad m \leq n ; \quad (4) \quad n + m = 2a \text{ mit } a \in \mathbb{N} ;$$

Aus der 4. Bedingung folgt die Symmetrie zum Äquator. Da wir nur Daten der Nordhalbkugel besitzen, bei der Berechnung der Kugelflächenfunktionen aber Daten der gesamten Kugeloberfläche benötigen, wird am Äquator gespiegelt. Anhand des folgenden Schemas wird schnell klar, daß wir bei einer zonalen Wellenzahl 8 und einer Großkreiswellenzahl 12 genau 79 Freiheitsgrade bekommen.

Die Zahl 79 erhalten wir, wenn wir sämtliche Werte in der Verknüpfungstafel zusammenzählen, die ungleich null sind. Mit der vierten Bedingung sieht man auch ein, daß jedes zweite Verknüpfungsfeld leer bleibt. Wir erhalten also das tatsächliche Geopotentialfeld, wenn wir 79 Reihenglieder addieren. Das Geopotentialfeld  $\phi(\phi, \lambda, t)$  wird durch die Reihe

$$(1) \quad \phi(\phi, \lambda, t) = \sum_{k=1}^{79} b_{kt} \cdot y_k(\phi \cdot \lambda) \text{ dargestellt.}$$

Die Darstellung des Geopotentialfeldes durch Kugelflächenfunktionen bringt eine Reduktion der Daten, weil hier nur eine bestimmte Anzahl von Wellen zugelassen wird. Die Kugelflächenfunktionen sind also nach ihrer Wellenzahl geordnet.

m + n ↑		0	1	2	3	4	5		7	8
0	s c	o +								
1	s c	o o	+							
2	s c	o +	o o	+						
3	s c	o o	+	o o	+					
4	s c	o +	o o	+	o o	+				
5	s c	o o	+	o o	+	o o	+			
6	s c	o +	o o	+	o o	+	o o			
7	s c	o o	+	o o	+	o o	+		+	
8	s c	o +	o o	+	o o	+	o o	-	o o	+
9	s c	o o	+	o o	+	o o	+	)	+	o o
10	s c	o +	o o	+	o o	+	o o	-	o o	+
11	s c	o o	+	o o	+	o o	+	)	+	o o
12	s c	o +	o o	+	o o	+	o o	h	o o	+
↑ n										

s: = sin (m)  
c: = cos (m)

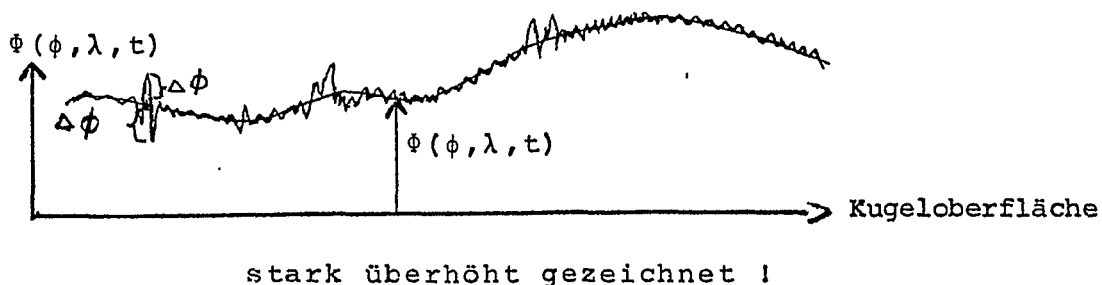
+: = Wert ungleich null  
o: = Null

Wenn wir jetzt nach einem Auswahlkriterium suchen, um die vorhandene Datenmenge nach interessanten Wetterlagen zu filtern, können wir die Kugelflächenfunktionskoeffizienten benutzen, denn gerade sie geben ja die Amplitude der Schwingung wieder, sind also ein Maß für die Krümmung des Geopotentialfeldes, während mit den  $y_k(\phi\lambda)$  die Schwingung selbst beschrieben wird. Wir benutzen jetzt also keine Gitterpunktwerte mehr, sondern nur noch die Amplituden der Wellen.

#### IV.4 BERECHNUNG DER NATÜRLICHEN ORTHOGONALFUNKTIONEN

$P_i(\phi, \lambda)$  UND IHRER KOEFFIZIENTEN  $c_k(t)$

In einem gegebenen Geopotentialfeld, das wir aufgrund der Radiosondendaten analysiert haben, erhalten wir für die 500 mb-Fläche eine mehr oder weniger stark gewellte Fläche, bei der die geopotentielle Höhe der Ordinate jeder einzelnen Welle entspricht.



In unserer Reihendarstellung, Gleichung (1), Seite 13, wird die Amplitude durch gewisse Koeffizienten  $b_k(t)$  beschrieben. Da die Erde Kugelgestalt hat, kann man die Kugelflächenfunktionen " $y_k(\phi, \lambda)$ " benutzen, um das Geopotentialfeld in einer Reihenentwicklung darzustellen. Das erste Problem, was sich jetzt stellt, ist die Berechnung dieser Kugelflächenfunktionskoeffizienten " $b_k(t)$ ". Um die " $b_k(t)$ " zu bestimmen, wird die "Methode der kleinsten Quadrate", Lit. (16) benutzt, die besagt, daß derjenige Wert der beste ist, der die Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu einem Minimum macht. In der Abbildung s.o. sind dieses gerade die  $\Delta\phi$ . Seien  $\phi(x, y, t)$  die Gitterwerte des Geopotentials und  $\phi_t(\phi, \lambda)$  die Näherungsfunktion, so fordert man:

$$\sum_{x, y} \left| \phi_t(\phi_{x, y}, \lambda_{x, y}) - \phi_{x, y, t} \right|^2 = \text{Min.}$$

Wenn wir in obige Gleichung die Kugelflächenfunktionsreihe mit

$$\phi(\phi, \lambda, t) = \sum_k b_{kt} \cdot y_k(\phi, \lambda)$$

einsetzen, können wir die  $b_k(t)$  berechnen. Für jeden Termin bekommen wir also  $b_k(t)$ -Werte. In unserem Falle genau 79, da unsere Reihe aus 79 Gliedern bestehen soll.

Um die natürlichen Orthogonalfunktionen berechnen zu können, brauchen wir die Eigenvektoren, Lit. (17), der Kovarianzmatrix, Lit (18), der Kugelflächfunktionskoeffizienten. Die Kovarianzmatrix wird anschließend beschrieben. In einer Verknüpfungstafel wurden sämtliche  $b_k(t)$  miteinander multipliziert. Wir erhalten eine symmetrische Matrix der Form, siehe Abbildung.

$\omega$	$b_1 \dots$	$b_{79}$
$b_1$	$b_1 b_1 \dots$	$b_1 b_{79}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$b_{79}$	$b_{79} b_1 \dots$	$b_{79} b_{79}$

Die Matrix ist symmetrisch, weil die ausgeführte Verknüpfung kommutativ ist. Für sämtliche Termine (also 8 Jahre lang alle 12 Std.) erhalten wir dieses Bild. Wenn wir nun sämtliche so entstandenen Matrizen zeitlich mitteln, siehe Abbildungen,

$\omega$	$b_1 \dots$	$b_{79}$
$b_1$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$b_{79}$	$\dots$	$b_{79} b_{79}$

Termin 1

$\omega$	$b_1$	$b_{79}$
$b_1$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$b_{79}$	$\dots$	$b_{79} b_{79}$

Termin 2

$\omega$	$b_1 \dots$	$b_{79}$
$b_1$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$b_{79}$	$\dots$	$b_{79} b_{79}$

Termin 365 · 2 · 8

über alle Termine  
zeitlich mitteln

$\omega$	$\overline{b_1} \dots$	$\overline{b_{79}}$
$\overline{b_1}$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\overline{b_{79}}$	$\dots$	$\overline{b_{79} b_{79}}$

Matrix  
"A"

erhalten wir die Kovarianzmatrix "A", die natürlich genauso viele Elemente hat, wie sämtliche anderen "Termin"matrizen, eben  $79 \times 79$  Elemente. Von dieser Matrix können wir jetzt

die Eigenwerte, Lit (19) bestimmen. In unserem Fall kann die Matrix auf Diagonalform gebracht werden, was bedeutet, daß nur in der Hauptdiagonalen Werte stehen, eben gerade die Eigenwerte.

$$\begin{vmatrix} w_1^2 & \dots & 0 \\ 0 & & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & w_i^2 \end{vmatrix} \quad \text{mit } i = 1 \dots 79 ;$$

Allgemein gilt nun:  $T \cdot f(x) = w_i^2 P_i(x)$  ein Operator  $T$  angewendet auf eine Funktion  $f(x)$  ist gleich dem Eigenwert  $w_i^2$  multipliziert mit der Eigenfunktion  $P_i(x)$ . In unserem Fall ist der Operator  $T$  die Kovarianzmatrix "A" und die Eigenfunktion  $P_i(x)$  entspricht dem Eigenvektor. Der Eigenvektor  $\mathcal{L}_k$  für  $k = 1$  hat die Form

$$\mathcal{L}_1 = \begin{vmatrix} x_{1,1} \\ x_{2,1} \\ \vdots \\ x_{79,1} \end{vmatrix}$$

allgemein gilt:

$$\mathcal{L}_k = \begin{vmatrix} x_{1,k} \\ \vdots \\ x_{79,k} \end{vmatrix} \quad k = 1, \dots, 79 ;$$

Dabei hat die Matrix aus den Eigenvektoren die Eigenschaft, daß

$$(\mathcal{L}_k) \cdot (\mathcal{L}_k)^{-1} = E \quad \text{mit } E: = \text{Einheitsmatrix}$$

$$E: = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ 0 & \dots & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\text{und } \mathcal{L}_k^2 = 1$$

Konkret setzt sich hier die Matix der Eigenvektoren aus Untermatrizen der Form

$$(\mathcal{L}_k) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \text{ oder } \mathcal{L}_k^{-1} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

zusammen.

Es gibt also:  $A \cdot \mathcal{L}_k = w_i^2 \mathcal{L}_k$

Wenn ich also den Eigenwert  $w_i^2$  mit dem zugehörigen Eigenvektor multipliziere, ist das grade gleich dem Produkt aus der Kovarianzmatrix multipliziert mit dem entsprechenden Eigenvektor. Ausführlich heißt es:

$$\begin{pmatrix} \overline{b_{1,1}} \dots \overline{b_{1,79}} \\ \vdots \\ \overline{b_{79,1}} \dots \overline{b_{79,79}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1,i} \\ \vdots \\ x_{79,k} \end{pmatrix} = w_i^2 \begin{pmatrix} x_{1,i} \\ \vdots \\ x_{79,k} \end{pmatrix}$$

ergibt jeweils einen Spaltenvektor

#### IV.5 DIE NATÜRLICHEN ORTHOGONALFUNKTIONEN $P_i(\phi, \lambda)$

Man erhält die  $P_i(\phi, \lambda)$ , wenn man die Summe über die Produkte der Elemente der Eigenvektoren mit den Kugelflächenfunktionen berechnet.

Für die 1. nat. Orthogonalfunktion ist dieses

$$P_1(\phi, \lambda) = \sum_{k=1}^{79} x_{k,1} \cdot y_k(\phi, \cdot)$$

oder noch ausführlicher

$$P_1(\phi, \lambda) = x_{1,1} \cdot y_1(\phi, \lambda) + x_{2,1} \cdot y_2(\phi, \lambda) + x_{3,1} \cdot y_3(\phi, \lambda) \dots \\ + x_{k-1,1} \cdot y_{k-1}(\phi, \lambda) + x_{k,1} \cdot y_{k,1}(\phi, \lambda)$$

Die i-te nat. Orthogonalfunktion wird dann in ganz ausführlicher Schreibweise:

$$P_i(\phi, \lambda) = x_{1,i} \cdot y_1(\phi, \lambda) + x_{2,i} \cdot y_2(\phi, \lambda) + x_{3,i} \cdot y_3(\phi, \lambda) + \dots \\ \dots + x_{k-1,i} \cdot y_{k-1}(\phi, \lambda) + x_{k,i} \cdot y_k(\phi, \lambda)$$

oder in Summenschreibweise

$$P_i(\phi, \lambda) = \sum_{k=1}^{79} x_{k,i} \cdot y_k(\phi, \lambda)$$

Da in die Eigenvektoren der Kovarianzmatrix "A" die Amplituden der Wellen eingehen, kann man sagen, daß sie eine Information über die Art der Zirkulation enthalten. Deshalb ist die Tabelle 3 in FECHNER V, Lit (7), geeignet, um die besondere Bedeutung der Kugelflächenfunktionskoeffizienten zu erkennen, denn aus ihnen wurde ja, wie vorher beschrieben, die Kovarianzmatrix berechnet. In dieser Tabelle 3 (Lit. 7) sind nämlich die Eigenwerte, genauer die Summe, bestehend aus

$$x_{(2,k)}^2 + x_{(2,k+1)}^2$$

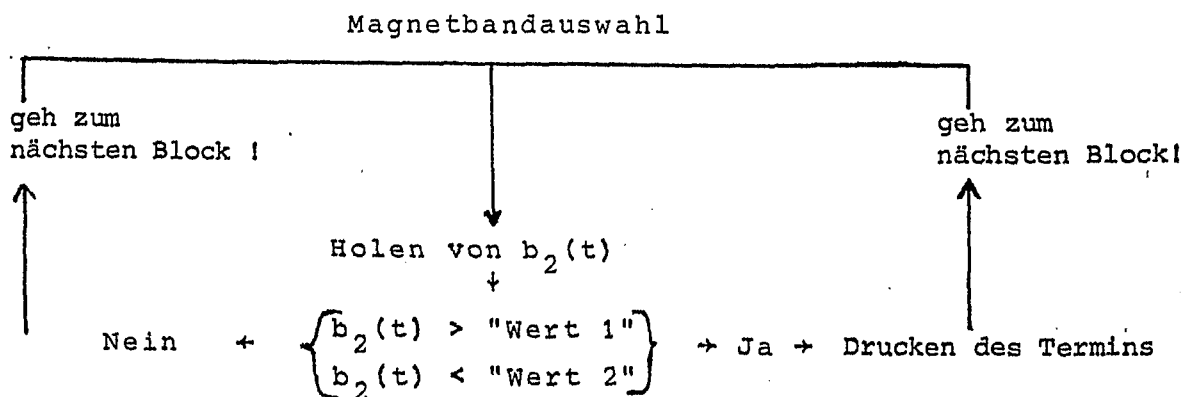
eingetragen, die zu den jeweiligen zonalen und meridionalen Wellenzahlen gehören. Man sieht, daß die Elemente des Eigenvektors der 2. Kugelflächenfunktion maximal sind.

Hier interessieren in Wirklichkeit nur die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen. Da man aber zunächst einmal nicht weiß, welche aus der Fülle der Daten wichtig sind, wurden die Koeffizienten der Kugelflächenfunktion angesehen, da aus ihnen ja die Eigenvektoren der Kovarianzmatrix "A" und später die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen entwickelt wurden. Für die Charakterisierung der Zirkulation muß der Koeffizient  $b_2(t)$  zu ge-



brauchen sein, denn gerade für die zonale Wellenzahl 0, also keine Schwingung in zonaler Richtung ist er ein Maß für den meridionalen Gradienten des Geopotentials, damit also für die Stärke der zonalen Störung. Konkret für die Charakterisierung einer extrem zonalen oder meridionalen Wetterlage sollte sich dieser Sachverhalt in maximalen beziehungsweise minimalen Werten von  $b_2(t)$  niederschlagen. Um diese Eigenschaft nun auszunutzen, muß man sich ansehen, in welchem Bereich der Koeffizient  $b_2(t)$  schwankt. Nach einiger Überlegung kann man sagen, daß im Normalfall die Termine zwischen einem gewissen minimalen "Wert 1" und einem maximalen "Wert 2" liegen. Da die Koeffizienten der Kugelflächenfunktionen für den gesamten Beobachtungszeitraum, also von 1966 - 1974 berechnet wurden, läßt sich natürlich auch der Termin bestimmen, an dem die  $b_2(t)$  die vorgegebene untere bzw. obere Grenze überschreiten. Man muß allerdings anhand der Menge der ausgedruckten Termine testen, ab welcher oberen bzw. unteren Grenze dieser gewisse "Wert 1" und "Wert 2" sinnvoll ist. Man ist zunächst daran interessiert, in welchem Zeitraum von 1966 bis 1974 sehr zonale, also breitenkreisparallele Strömungen auftreten.

Hierfür benutzt man eine Prozedur, die folgende Form hatte:



Anschließend wurden die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen an den entsprechenden Terminen gebraucht. Diese Koeffizienten wurden aus den Eigenwerten der Kovarianzmatrix "A", den Elementen des Eigenvektors der Matrix "A", sowie den Koeffizienten der Kugelflächenfunktionen nach der

folgenden Gleichung berechnet:

$$c_k(t) = \frac{1}{w_i} \sum_{i=1}^{79} x_{k,i} \cdot b_k(t)$$

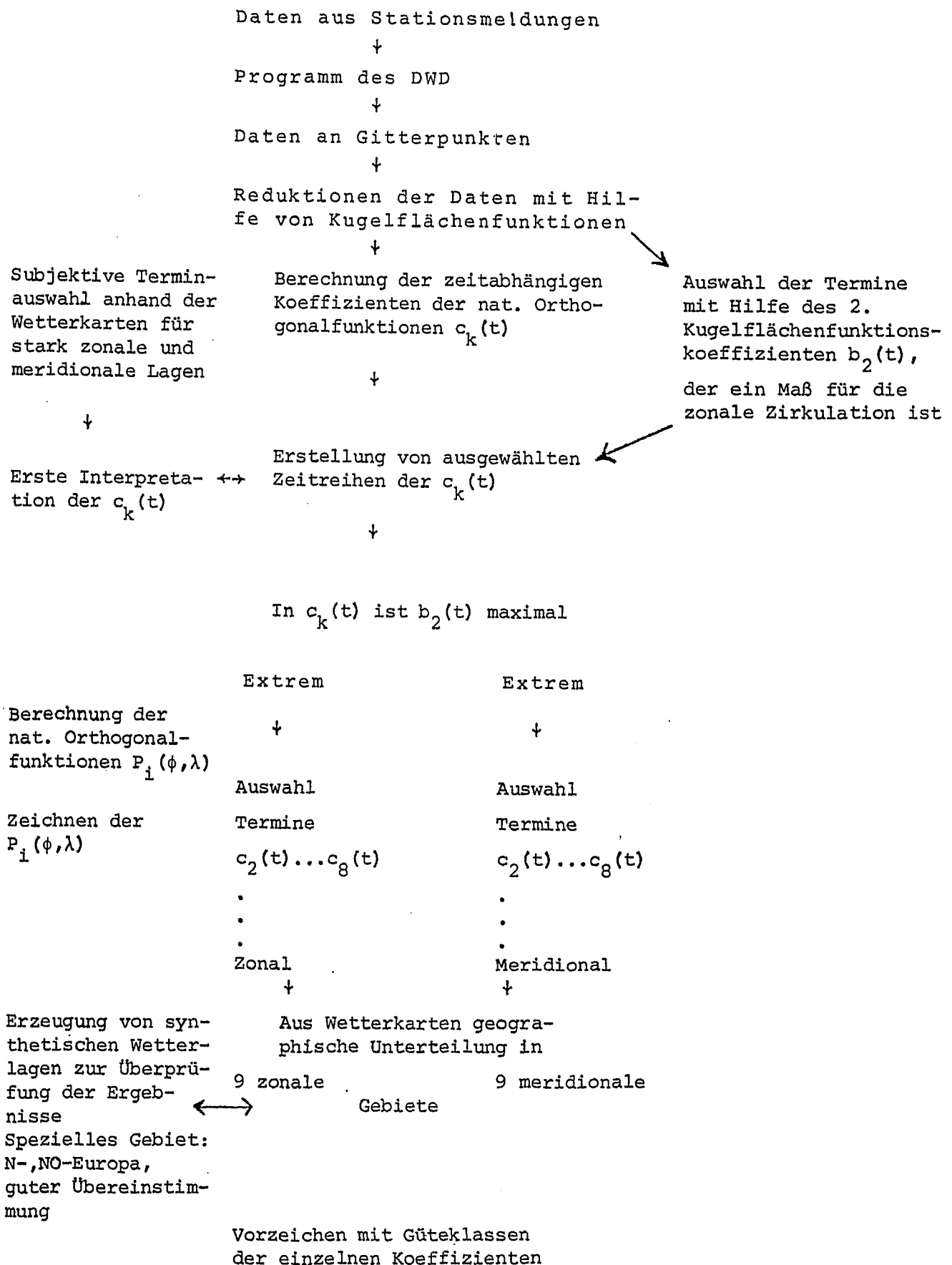
Nachdem nun in kurzer Darstellung die Theorie präsentiert ist, wird im folgenden Kapitel VI. aufgezeigt, welche weiteren Überlegungen schließlich zur Interpretation der Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen führen. Das anschließende Flußdiagramm gibt darüber schematisch Auskunft.

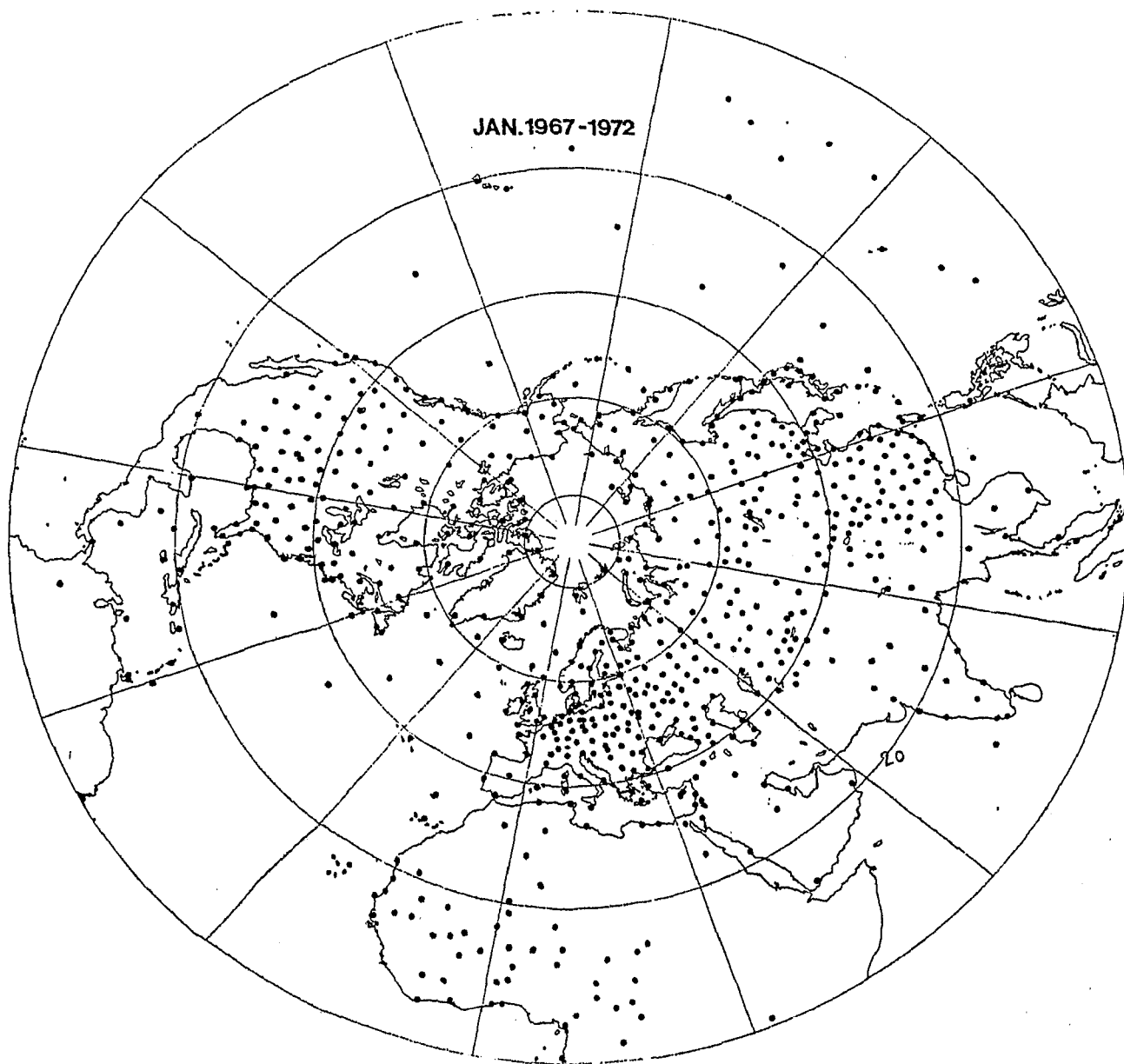
## V. DIE DATEN UND IHRE VERARBEITUNG

Bevor ich auf die Ergebnisse meiner Arbeit eingehe, möchte ich anhand des Flußdiagramms, siehe Seite 22, die wesentlichen Punkte beschreiben. Die Ausgangsdaten für diese Arbeit sind die geopotentiellen Höhen der 500 mb-Fläche über den Radiosondenstationen. Sie stammen aus den routinemäßigen Ballonaufstiegen, die zweimal täglich um 00:00 und 12:00 GMT durchgeführt werden.

Da aber, wie die Abbildung auf Seite 23 zeigt, diese Radiosondenstationen sehr ungleichmäßig auf der Nordhalbkugel verteilt sind, wurde ein Gitternetz benutzt, um ein gleichmäßiges Datenfeld zu erhalten. Dieses Gitternetz ist in der folgenden Abbildung dargestellt, siehe Seite 24.

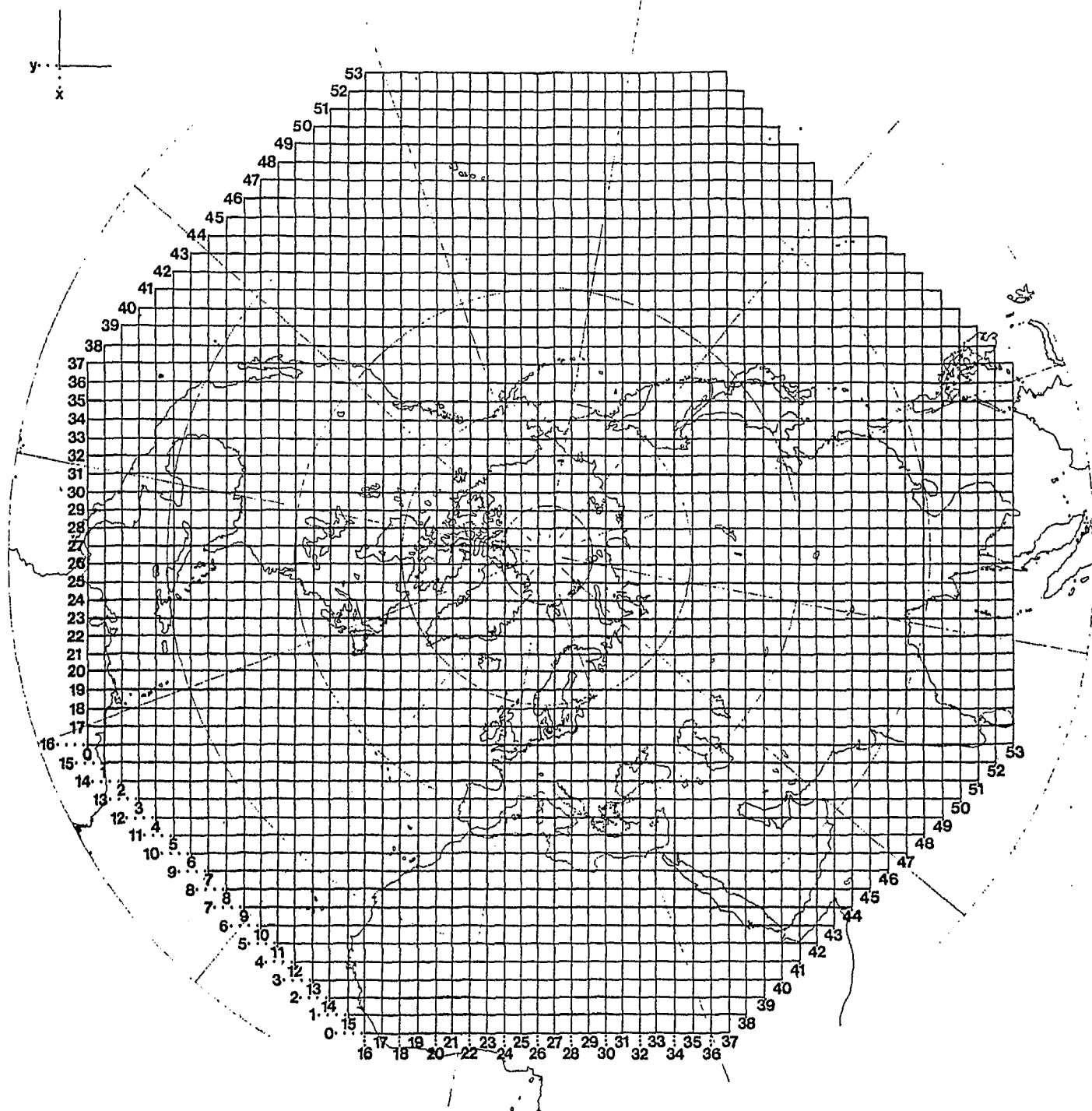
Mit Hilfe eines Rechenprogramms des DWD wurden für die Gitterpunkte die entsprechenden geopotentiellen Höhen der 500 mb-Fläche berechnet. Eine ausführliche Beschreibung dieses Verfahrens ist in der Diplomarbeit von H. LIEBING, Lit. (20) enthalten. Tatsächlich würde das aber zu viele Daten ergeben. Deshalb wurde nicht jeder Radiosondenaufstieg benutzt, sondern nur jeder 3. bzw. 4. Termin. Dieses so gewonnene Geopotentialfeld wurde auf ein Magnetband geschrieben. Um jedoch noch eine weitere Reduktion der Daten zu bekommen, wurde das Geopotentialfeld in einer Kugelflächenfunktions-





*Die Radiosondenstationen der Nordhalbkugel,*

Entnommen Dr. P. SPETH: Horizontale Flüsse von sensibler und latenter  
Energie und von Impuls für die Atmosphäre der Nordhalbkugel,  
Meteorologische Rundschau 27, 65-90 (August 1974)



### *Gitternetz des Deutschen Wetterdienstes*

reihe entwickelt, bei der in zonaler Richtung maximal 8 und in Großkreisrichtung maximal 12 Wellen zugelassen wurden. Aus den Kugelflächenfunktionen konnten jetzt die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen sowie

die natürlichen Orthogonalfunktionen selbst bestimmt werden. Den ersten Einblick in die Bedeutung der Koeffizienten erhielt ich, indem ich mir aus den täglichen Wetterkarten des DWD extreme Wetterlagen suchte. Da dieses jedoch nur Tendenzen für die ersten Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen erkennen ließ, benutzte ich den 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten, um für den gesamten Untersuchungszeitraum extreme Wetterlagen zu finden. Anschließend wurden für die ausgedruckten Termine mit extremen Kugelflächenfunktionswerten die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen bestimmt. Für diese Termine nahm ich nun eine geographische Unterteilung der Nordhalbkugel vor, siehe Abb. (1).

Hier erhielt ich sowohl für die zonale als auch für die meridionale Strömung jeweils 9 Gebiete mit hohem Geopotential. Um den Fehler bei der Interpretation möglichst klein zu halten, gab ich nur jenen Koeffizienten eine Aussagekraft, die in mehr als 75 % der Termine über dem jeweiligen Gebiet das gleiche Vorzeichen hatten. Eine Überprüfung meiner Ergebnisse konnte ich durch synthetische Erzeugung von Wetterlagen aus den Orthogonalfunktionen durchführen. Zum Schluß untersuchte ich Nord- und Nordosteuropa für Termine mit hohen Geopotentialwerten und antizyklonischer Strömung im 500 mb-Niveau.

## VI. INTERPRETATION DER KOEFFIZIENTEN DER NATÜRLICHEN ORTHOGONALFUNKTION NACH SUBJEKTIVER AUSWAHL VON JEWEILS 5 ZONALEN UND MERIDIONALEN WETTERLAGEN AUS SYNOPTISCHEN WETTERKARTEN

Um überhaupt einen Eindruck zu bekommen, wie die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen ihre Werte verändern, untersuchte ich die täglichen Wetterkarten des DWD nach auffallenden Wettersituationen. Dabei boten sich zwei extreme Lagen an:

1. Gebiete, in denen eine starke zonale Strömung vorherrscht, d.h. ein Wettertyp, bei dem der Massen- und Wärmetransport breitenkreisparallel orientiert ist. Gerade in den gemäßigten Breiten äußert sich das in einer regen Zyklonentätigkeit mit stark wechselndem Wetter, hohen Niederschlägen, sowie geringer Sonnenscheindauer, während im
2. Fall eine starke meridionale Strömung dominiert, die sie sich im wesentlichen durch einen stark Nord-Süd, Süd-Nord gerichteten Massen- und Wärmetransport auszeichnet, und zeitweise über einige Tage hinweg sogar eine Ost-West Strömung entstehen läßt. Diesen Fall kann man auf der Nordhalbkugel im südlichen Bereich von vertikal hochreichenden Antizyklonen beobachten, die auf diese Weise den Weg der von Westen nach Osten fortschreitenden Zyklonen blockieren und sie auf ihrer Westseite weit nach Norden ablenken. Diese hochreichenden Antizyklonen unterstützen also noch den meridionalen Austausch. Sie haben vor allem solche Bedeutung, weil sie diese Gebiete auf der Erde vor Niederschlägen schützen. Im Sommer zeichnet sich dann das Wetter durch hohe Sonnenscheindauer aus; wegen der kurzen Nacht registriert man eine starke positive Strahlungsbilanz auf der Erdoberfläche. Im Winter ist es ähnlich, nur mit umgekehrten Vorzeichen, was die Strahlungsbilanz betrifft.

Sollten die Koeffizienten tatsächlich jene Aussagekraft besitzen, so müßte dieser Sachverhalt besonders deutlich werden, wenn ich die eben beschriebenen, sehr verschiedenen Strömungstypen, also den zonalen und meridionalen, untersuche.

Wenn man die ausgewählten Termine meteorologisch beschreiben will, trifft man auf folgende Schwierigkeit: wie ordnet man Gebiet niedrigen und hohen Luftdrucks eindeutig einem Ort zu, wenn man nicht gerade unverhältnismäßig lange Ausführungen machen will. Einfach wäre eine mathematische Lagebeschreibung durch Zuweisung der jeweiligen Koordinaten.

Dieses erweist sich aber als ungünstig, weil vorausgesetzt würde, daß jeder die genaue Land-Meerverteilung in geogr. Breite und Länge kennt. Ein kurzes Beispiel soll dies erläutern:

Ein Gebiet niedrigen Luftdrucks soll bei  $\phi = 60^{\circ}\text{N}$  und  $\lambda = 60^{\circ}\text{W}$  liegen. Manch ein Leser wird zugeben, daß er sich erst einmal einen Atlas holen müßte, um zu sagen, daß dieser Ort am Ausgang der Davisstr. zwischen der Labradorhalbinsel und SW-Grönland liegt.

Ich habe deshalb die Lagebeschreibung der meteorologisch interessanten Gebiete mit den in der Geographie bekannten Namen benutzt.

Die nachfolgende Abbildung (1) der Nordhalbkugel weist eine entsprechende Kennzeichnung der meteorologisch besonders untersuchten Gebiete auf.

- 1 M-N-,NO-Pazifik
- 2 Alaska,Beaufortsee,Beringstr.,Beringmeer
- 3 SW-,W-Amerika
- 4 M-N-,NO-,N-Kanada
- 5 Davisstr.,S-Grönland,NW-,N-,M-N-Atlantik
- 6 M-O-,O-,SO-Atlantik,SW-Europa
- 7 M-,N-,NO-Europa
- 8 M-O-,O-,SO-Europa
- 9 M-S-,SW-Sibirien,M-S-Ural,Kaspisches Meer
- 10 N-,NW-Ural,N-,NW-Sibirien,Barentsee,Nowaja-,Sewernaja-Semlja
- 11 NO-,O-Sibirien,Ochotskisches Meer,NW-Pazifik

Da ich möglichst viele Termine beschreiben wollte, mußte ich eine Darstellung finden, die viel Information auf wenig Raum übersichtlich bietet. Die auf den Seiten 30 ff. aufgeführte Tabellenform erfüllte die Forderungen.

Hier findet man neben den untersuchten Terminen die Werte der Koeffizienten  $w_2 c_2(t) - w_8 c_8(t)$  der natürlichen Orthogonalfunktionen. Anschließend erfolgt die geogr. Beschreibung der interessantesten meteorologischen "Größen", die in der folgenden Spalte mit den Gebieten zonaler Strömung ihren



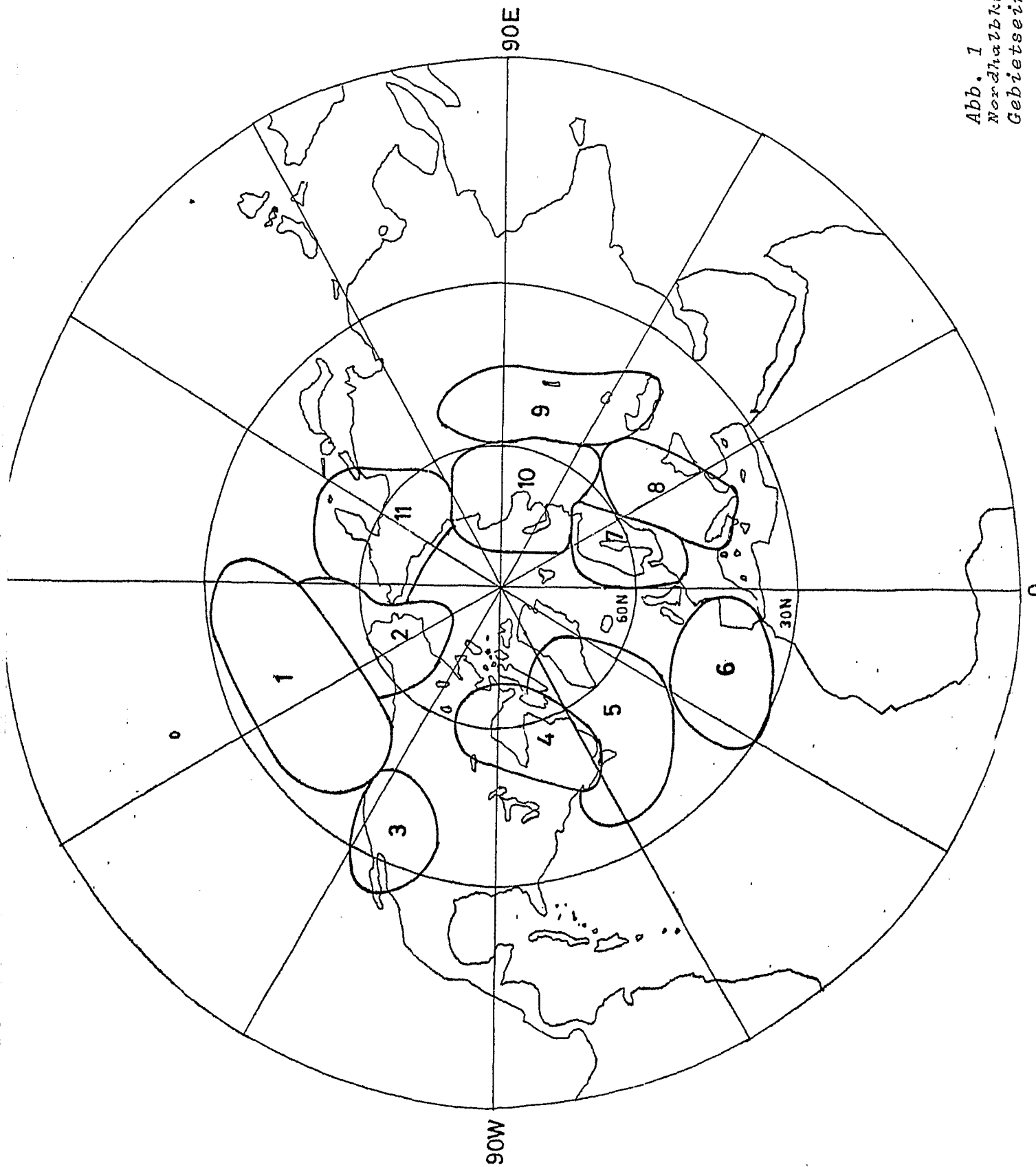


Abb. 1  
Nordhalbkugel mit  
Gebietseinteilung

Anfang findet. Da ich in dieser Arbeit unter anderem auch einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Zirkulationsindex und den Koeffizienten untersuche, habe ich sämtliche Gebiete auf der Erde nördlich von  $\phi = 20^{\circ}$  beschrieben, über denen eine zonale Strömung beobachtet wurde. Der Zirkulationsindex ist ja gerade ein Maß für den mittleren "Geostrophischen Wind" in zonaler und meridionaler Richtung. Bei einer Untersuchung der Verhältnisse im 500 mb-Niveau, sind die Geostrophiebedingungen ziemlich gut erfüllt. Neben der Druckgradientkraft und Corioliskraft sind andere Kräfte zu vernachlässigen, insbesondere die Bodenreibungskraft. Wenn ich also über weiten Teilen der Nordhalbkugel hohe Windgeschwindigkeiten registriere, so sind diese Angaben auch ein Maß für den Zirkulationsindex. Um diesen Sachverhalt auf einen knappen Nenner zu bekommen, kann man sagen: je weiträumiger die Gebiete hoher Windgeschwindigkeit in zonaler Richtung sind, umso höher ist der Zirkulationsindex. -

In den beiden letzten Spalten dieser Tabelle findet man die Gebiete mit extremen Geopotential, also die Gebiete mit niedriger geopotentieller Höhe, den "Trögen", und anschließend in der letzten Spalte jene mit hohen Geopotentialwerten, den "Rücken". Wie schon anfangs erwähnt, habe ich alle 10 Termine gefunden, indem ich mir aus den täglichen Wetterkarten des DWD jene Typen herausgesucht habe, die die schon beschriebenen Merkmale hatten, siehe Tab. (1).

Wenn wir uns die Termine mit stark zonaler Strömung ansehen, so erkennen wir bei den Koeffizienten  $w_2c_2(t)$ ,  $w_3c_3(t)$ ,  $w_8c_8(t)$  bis auf einen Termin gewisse Ähnlichkeiten, was das Vorzeichen betrifft.  $w_2c_2(t)$  ist nämlich in allen Fällen negativ, weist aber unterschiedliche Beträge auf, die von -8 gpm bis -53 gpm schwanken. Wir betrachten also mit  $w_1$  gewichtete Koeffizienten  $c_k(t)$ . Die nicht gewichteten Koeffizienten  $c_k(t)$  sind normiert, und zwar so, daß sie im statistischen Mittel den Wert  $\pm 1$  haben,  $c_k^2 = 1$ . Bei  $w_3c_3(t)$  ist das Bild noch einheitlicher. Alle Koeffizienten sind negativ und schwanken zwischen -10 gpm und -23 gpm. Für die übrigen Koeffizienten ist es im Moment noch schwer, eine Aussage zu machen, da sie teilweise sehr stark streuen, wie in den Abb. (2-6) deutlich zu sehen ist.

00:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen  
in (gpm)

	$c_2(t)w_2$	$c_3(t)w_3$	$c_4(t)w_4$	$c_5(t)w_5$	$c_6(t)w_6$	$c_7(t)w_7$	$c_8(t)w_8$	Zonaler Strömung	Gebiete mit hoher Windge- schw. 50 Kn.	Trog	Rücken
4.2.67	-43	-10	+3	0	+10	-2	+21	W-,M-,O-Amerika, W-,M-Atlantik, W-,M-,O-,NO-Atlant- tik, NO-,M-,SO- Europa	W-,M-,O-Amerika, W-,M-,O-,NO-Atlant- tik, NO-,M-,SO- Europa	Hudsonbai, NW-Atlantik, Frankreich, Ural,N-Sibi- rien,Alaska	Beringstraße Skandinavien NO-Sibirien
19.2.67	-47	-16	+5	+35	+9	+5	+24	M-S-,O-Amerika, W-,M-,O-Atlantik SW-Europa,England, Ural,M-Sibirien	NW-,M-,SO-Amerika, W-,M-,O-Atlantik, SW-Europa,England, Ural,M-Sibirien	NO-Amerika, N-,ONO-Atlant- tik,SW-Sibi- rien,NW-Pazi- fik	O-Pazifik, M-N-Kanada, SO-Europa
12.1.73	-53	-23	-18	+28	-18	-18	+12	SO-Amerika,W-, M-,O-Atlantik, SW-,W-,M-Pazifik, M-Sibirien	NW-,M-,N-,O-,NO- Amerika, W-,M- Atlantik, NO-,O- Europa, SW-Sibi- rien,Beringstr.	NO-Pazifik, M-,N-,NO- Amerika, NW-Atlantik, O-Europa,NW-, M-,O-Sibirien, Ochotskisches- Meer,NW-Pazi- fik	M-,N-Pazifik M-Europa, Skandinavien
8.2.73	-8	-17	-3	-10	+33	0	-43	SW-,S-,SO-Amerika NW-,N-,NO-Atlant- tik,SO-Europa	M-,NO-Amerika, SO-Atlantik, NW-Sibirien, O-Asien,Japan	Hudsonbai,SO- Atlantik,NO- Europa,Mittel-M-,N-Sibirien meer,NO-Asien, NW-,NO-Pazifik	NW-Amerika, Alaska, M-,N-Sibirien
29.1.74	-24	-16	-70	-34	0	+22	+4	M-,SO-,O-Amerika W-,M-,O-Atlantik SW-,S-Pazifik	NW-,M-,O-,NO- Amerika, O-,NO- Atlantik, SO-Sibirien, SO-Asien	M-,N-Amerika, M-,N-Skandi- navien,SO- Europa,SW-, M-,S-Sibirien NW-Pazifik	M-S-Europa, NO-,O-Sibi- rien

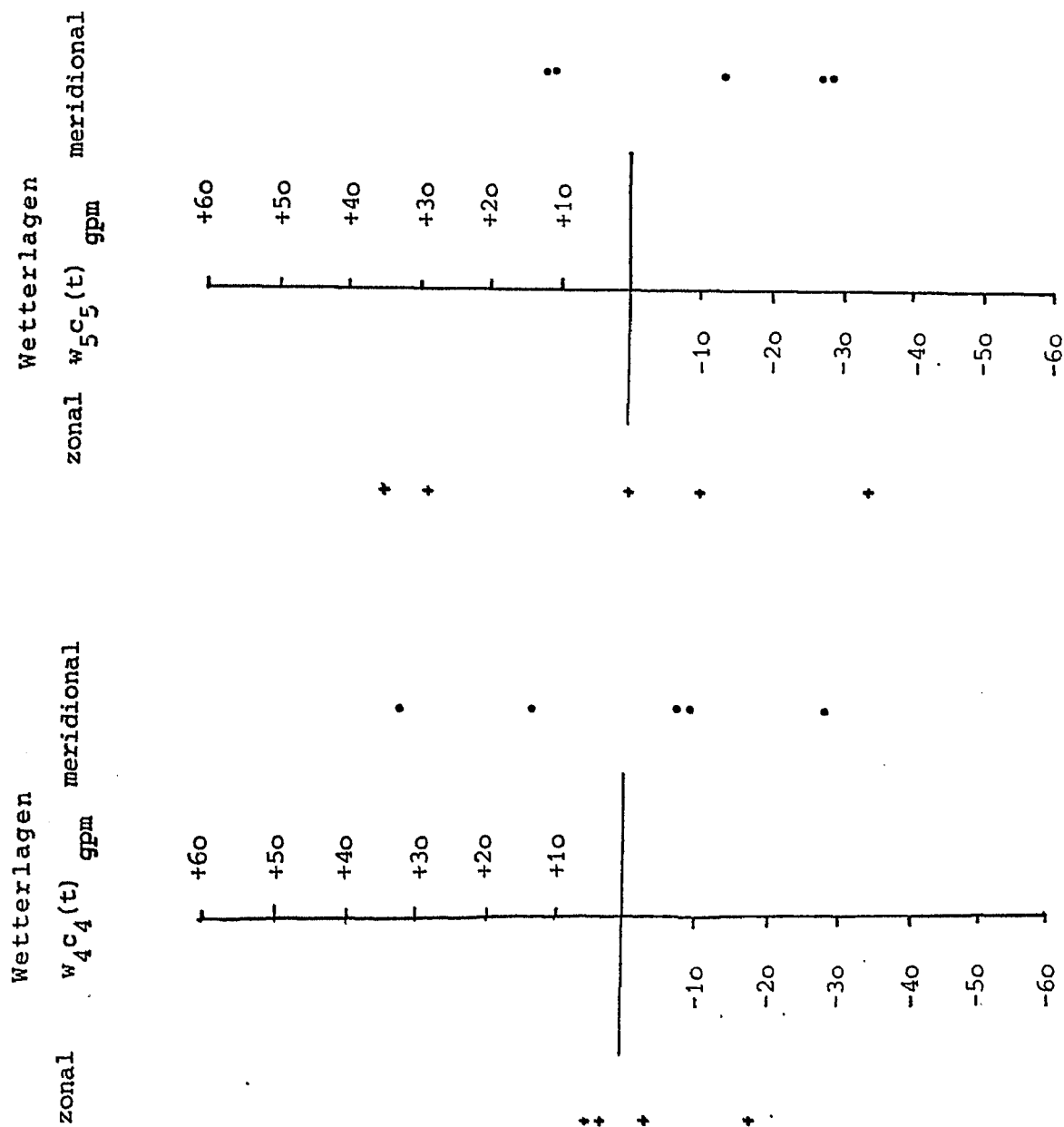


Abb. 2

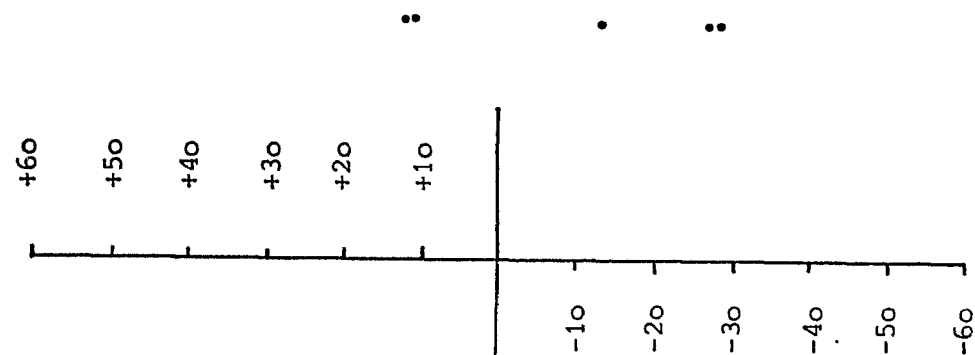


Abb. 3

Punktwolken-  
darstellung der  
gewichteten  
Koeffizienten  
der nat. Ortho-  
gonalfunk-  
tionen für  
zonale und  
meridionale  
Wetterlagen  
(subjektive  
Terminauswahl)

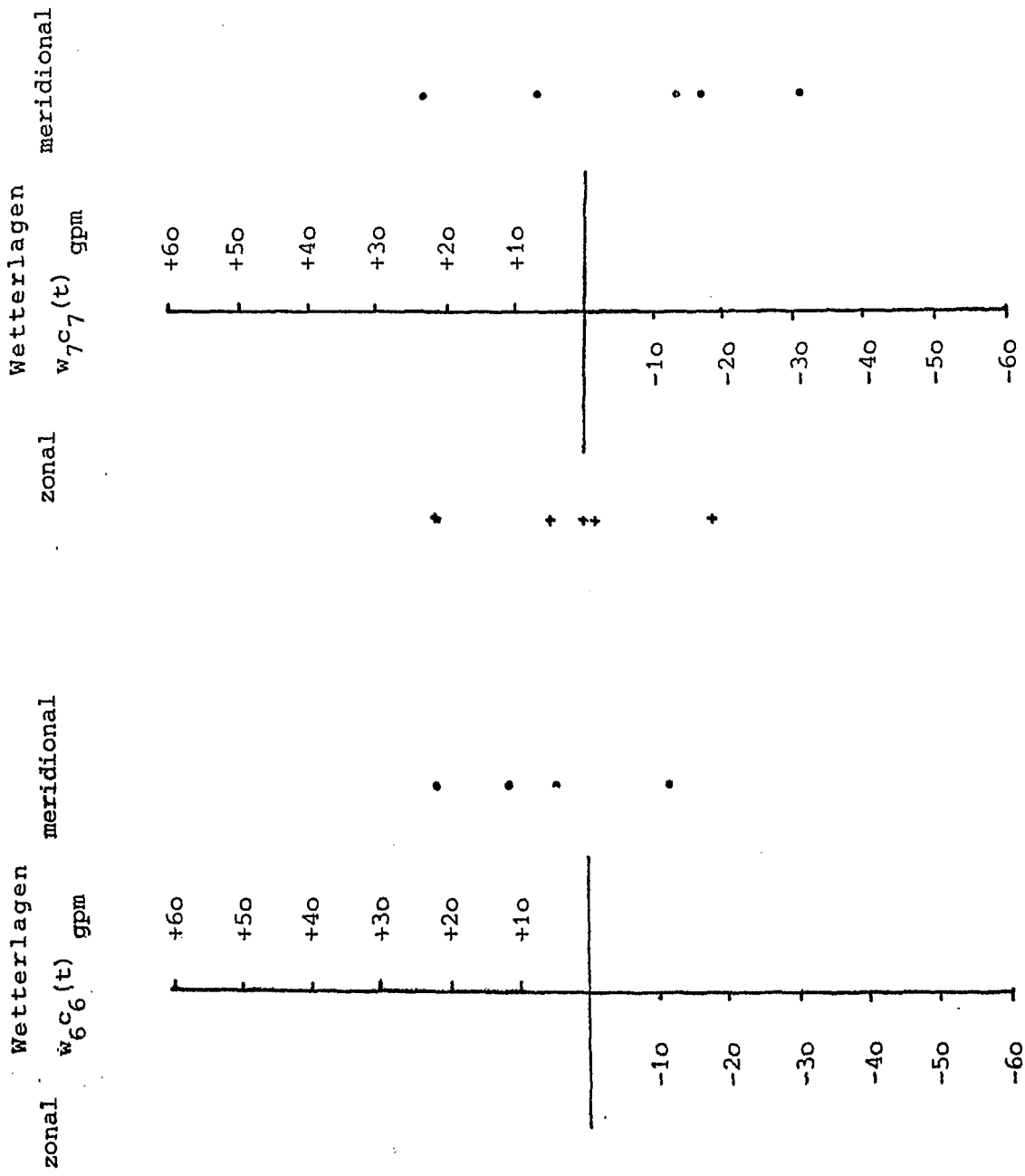


Abb. 4

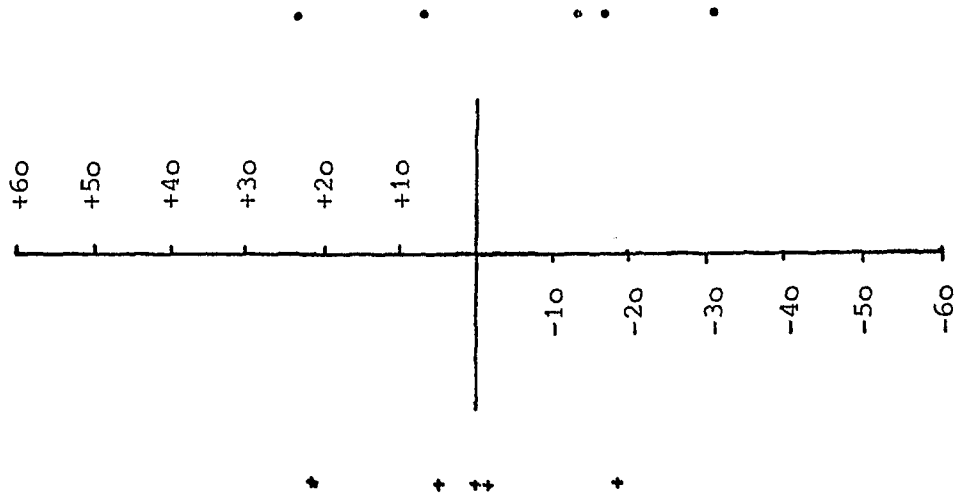


Abb. 5

*Punktwolkendarstellung der gewichteten Koeffizienten der nat. Orthogonal-funktionen für zonale und meridionale Wetterlagen (subjektive Terminauswahl)*

# Wetterlagen

zonal  $w_{8.8}(t)$  gpm meridional

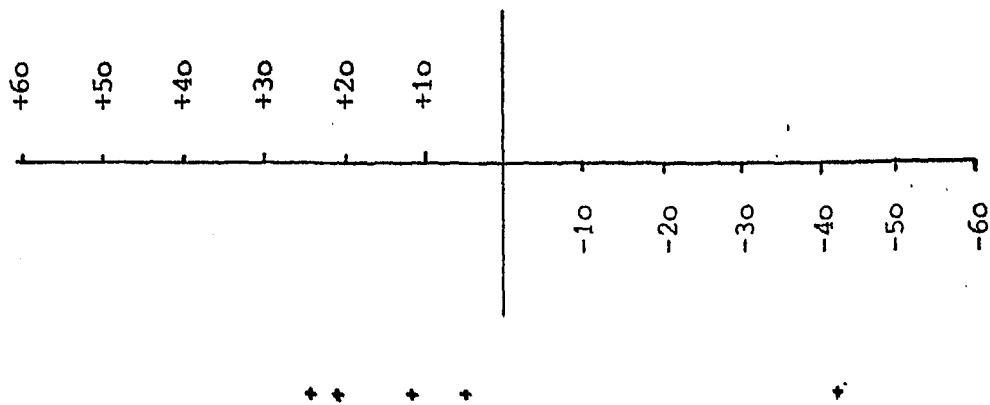


Abb. 6

Punktvolkendarstellung der gewichteten Koeffizienten der nat. Orthogonal-  
funktionen für zonale und meridionale Wetterlagen (subjektive Terminauswahl)

In allen 5 Fällen konnte man über dem mittleren und südlichen Amerika, dem westlichen, mittleren und östlichen Atlantik sowie über Teilen des Pazifiks zonale Strömungen beobachten. Wie in der Tabelle (1) auch schnell zu sehen ist, waren die Gebiete zonaler Strömung fast immer Gebiete mit hohen Windgeschwindigkeiten. Allerdings treten hohe Windgeschwindigkeiten von mehr als 50 Knoten auch über weiten Teilen Europas und Sibiriens auf. Die zonale Strömung beinhaltet schon, daß sie kaum Antizyklonen zuläßt. Umso interessanter sind dann ihre geographischen Lage, wenn sie auftraten. In drei der untersuchten fünf Fälle gab es eine Antizyklone über dem nordostsibirischen Rand. An denselben Terminen gab es aber auch ein "Hoch" über M-Europa und Skandinavien. Hier scheint sich also schon etwas abzuzeichnen, nämlich der Zusammenhang zwischen dem Koeffizienten  $w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  und den "Rücken" über den eben beschriebenen Gebieten. -

Kommen wir jetzt zu den Wetterlagen, an denen meridionale Strömungen auf der Nordhalbkugel dominieren, Tab. (2). Hier wird zu den vorher beschriebenen Koeffizienten  $w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  ein wesentlicher Unterschied deutlich. Ein Blick auf die Abb. (7) und Abb. (8) zeigt, daß  $w_2c_2(t)$  überhaupt keine negativen Werte aufweist und mit seinen höchsten Wert + 58 gpm erreicht.

Ähnlich sieht es auch für den nächsten Koeffizienten in der Tabelle (2)  $w_3c_3(t)$ , Abb. (8) aus. Für die restlichen fünf untersuchten Koeffizienten, Abb. (2-6) ist eine Aussage schwierig, da sowohl positive als auch negative Werte auftraten. Wie bei dem meridionalen Strömungstypen zu erwarten ist, haben die Gebiete zonaler Strömung nicht mehr jene Ausdehnung wie vorher. Ähnliche Beobachtungen können wir auch für die Gebiete hoher Windgeschwindigkeiten machen, siehe Tabelle (2). Kommen wir nun zur Lage der "Tröge" und "Rücken". Gerade die hochreichenden Antizyklonen sind ja wesentliche Bestandteile des großräumigen meridionalen Wärmeaustausches. Bei allen fünf untersuch-

# Subjektive Terminauswahl MERIDIONALER Wetterlagen

GMT Koeffizienten der ersten nat. Orthogonalfunktionen

in (gpm)

$c_2(t)w_2$   $c_3(t)w_3$   $c_4(t)w_4$   $c_5(t)w_5$   $c_6(t)w_6$   $c_7(t)w_7$   $c_8(t)w_8$  zonaler Strömung schw. 50 Kn.

Gebiete mit hoher Windge-

Rücken

Trog

M-N-Amerika  
NW-, M-N-At-  
lantik, NW-,  
SW-, M-, SO-,  
NO-Sibirien

NW-, M-NO-  
Amerika, M-S-  
Atlantik, N-  
Europa, O-  
Asien, NO-  
Pazifik

M-S-, NW-, NO-Ame-  
rika, NO-, O-Atlan-  
tik, W-, M-, O-Eu-  
ropa, M-Sibirien

SW-, SO-Amerika,  
SO-Europa

-15

-32

+4

-13

+13

+23

+58

7.12.67

Alaska,  
M-N-Atlantik  
Ural

NW-Kanada, NO-  
Amerika, Neu-  
fundland, Eu-  
rop-Nordmeer  
M-Europa, NO-  
Asien, M-Pazifik

NW-, M-Amerika,  
SO-Asien, Japan

SW-, S-, SO-Ame-  
rika, Mittel-  
meer, S-, SO-  
Asien

0

+23

+12

-27

-9

+45

+40

7.12.68

M-N-Amerika,  
Beringmeer,  
O-Atlantik,  
SO-Europa,  
SW-Sibirien

NW-, NO-Ameri-  
ka, NO-Atlantik  
Europ-Nordmeer,  
Skandinavien,  
SW-, SO-Sibirien

M-O-Amerika,  
N-, NO-Europa,  
SO-Asien

S-, SO-Amerika,  
SW-, S-Atlantik,  
SO-Asien

+18

-13

+25

+11

-28

+41

+30

6. 1.70

SW-, O-Atlantik  
O-Europa, NO-  
Sibirien, NW-,  
NO-Pazifik

M-N-Kanada,  
W-Atlantik,  
SW-, SO-Europa,  
Mandschurei

Alaska, M-Amerika,  
NO-Atlantik, Europ.  
Nordmeer, O-Europa,  
Japan, SO-Asien

M-Amerika,  
M-N-Sibirien,  
SO-Asien

+8

-18

+22

-29

+32

-24

+12

7.12.71

N-Alaska,  
M-Atlantik,  
SO-, O-Europa

S-Alaska, M-N-  
Amerika, Grön-  
land, NO-Atlan-  
tik, Europ.  
Nordmeer, NO-  
SO-Europa,  
M-N-Sibirien,  
Ochotsk.Meer,  
NW-Pazifik

SW-Amerika, NW-,  
M-N-, O-Atlantik,  
O-Europa, SW-  
Sibirien, SO-Asien

SW-, S-, SO-  
Pazifik

-31

+7

-12

+13

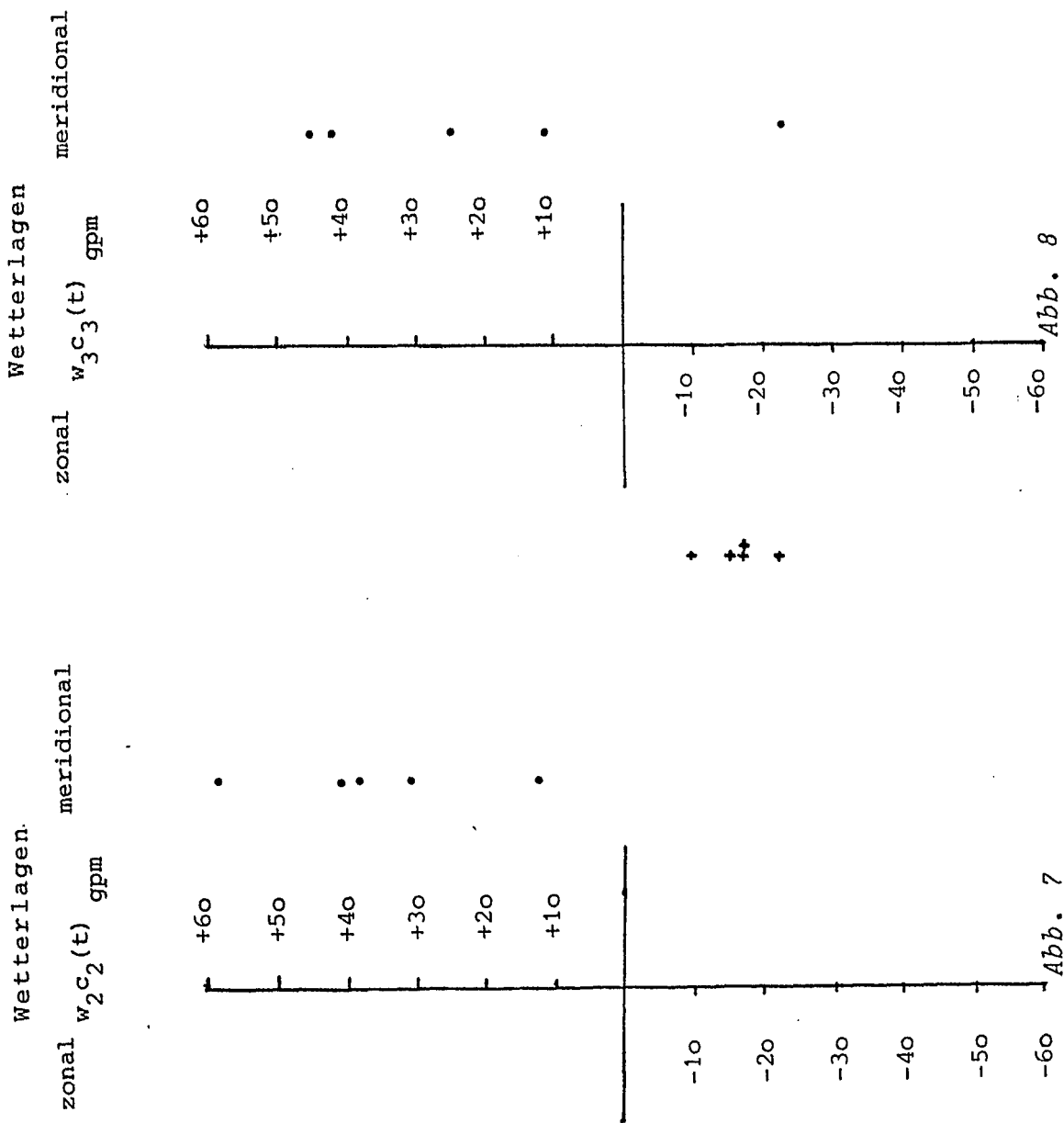
-7

+10

+37

. 2.73





Punktwolkendarstellung der gewichteten Koeffizienten der nat. Orthogonal-funktionen für zonale und meridionale Wetterlagen (subjektive Terminauswahl)

ten Terminen trat ein "Rücken" über dem Atlantik auf. Dieser hatte zwar nicht immer die gleiche Position, doch liegt er an drei Terminen über dem mittleren Atlantik, während er bei den verbliebenden Terminen etwas weiter östlich zu finden ist, nämlich im Ostatlantik. In drei weiteren Fällen finden wir eine Antizyklone über Alaska und der Beringstraße. Hier sind die Koeffizienten  $w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  positiv, während  $w_4c_4(t)$  nur negative Werte aufweist. Entsprechend liegen natürlich zwischen dem Rücken Gebiete niedrigen Geopotentials, diese sind ebenfalls leicht der Tabelle (2) zu entnehmen.

Bei dem eben beschriebenen Verfahren wurden wesentliche Mängel deutlich. Wenn die Koeffizienten tatsächlich in der Lage sein sollten, gewisse atmosphärische Strömungen zu beschreiben, so müßte sich dieses wenigstens im Vorzeichen der Koeffizienten niederschlagen. Anhand der Abb. (7,8) wird deutlich, vor allem aber an den Abb. (2-6), wie stark die Werte doch streuen. Zu leicht läßt sich das menschliche Auge bei der subjektiven Auswahl und Beurteilung von Wetterlagen täuschen. Neben den mehrfach wechselnden Wetterkartendarstellungen des DWD, zum Beispiel wurde die Nordhalbkugel vom Dezember 1966 bis zum Dezember 1968 nur gut zur Hälfte dargestellt, veränderte sich auch der Abbildungsmaßstab. Weitere Teile des Pazifiks waren so gar nicht vorhanden. Deshalb schien es mir unbedingt notwendig, die zu untersuchenden Termine durch objektive Methoden zu ersetzen.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurde beschrieben, wie und warum wir uns die Eigenschaften der Koeffizienten der Kugelflächenfunktionen zunutze machen können, um aus dem gesamten Datenmaterial objektiv interessante Termine zu suchen und auswerten zu können. Bei der Untersuchung der eben besprochenen Termine wurde doch deutlich, wie abhängig die Auswahl interessanter Termine von der subjektiven Einschätzung war. Im folgenden Kapitel werde ich ein objektives Verfahren benutzen, um extreme Wetterlagen zu finden.

## VII. DIE KOEFFIZIENTEN DER KUGELFLÄCHENFUNKTIONEN ALS REPRÄSENTANTEN DER ALLGEMEINEN ZIRKULATION

### VII.1 TERMINAUSWAHL MIT HILFE DES WERTES DES 2. KUGELFLÄCHENFUNKTIONSKOEFFIZIENTEN

Die in diesem Abschnitt untersuchten Termine wurden mit dem in Kap. IV.5 beschriebenen Verfahren gewonnen. Für den meridionalen Fall erhalte ich bei einem Grenzwert für  $b_2(t) > -222$  gpm achtzehn Termine, die in den Tabellen (3-6) meteorologisch beschrieben sind. Hier handelt es sich also um die meridionalen Strömungstypen.

Im Gegensatz hierzu wurden mit den Kugelflächenfunktionswerten  $b_2(t) < -286$  gpm sämtliche Termine im Zeitraum von 1966 bis 1974 gefunden, die extrem zonalen Strömungscharakter hatten. Diese Termine werden in den Tabellen 8 bis 15 meteorologisch beschrieben. Außerdem sind dort die Werte der Koeffizienten  $w_2c_2(t)$ ,  $w_3c_3(t)$ , ...,  $w_8c_8(t)$  der natürlichen Orthogonalfunktionen aufgeführt. Die Werte erhielt ich, indem ich Zeitreihen von den jeweiligen Monaten erstellte und anschließend aus diesen die Termine suchte.

Wenn wir uns die Punktwolken der Koeffizienten für den zonalen und meridionalen Fall in den Abb. (9-15) ansehen, fallen beim 2. Koeffizienten die überwiegend negativen Werte für den zonalen Fall auf, während der meridionale nur positive aufweist.

Dieses trifft auch für den dritten Koeffizienten zu, der in Abb. (10) dargestellt ist. Beim vierten und fünften Koeffizienten ändert sich dieses allerdings; nun erhalten wir für den zonalen Fall überwiegend positive Werte, während der meridionale negativ wird. In Abb. (13) sehen wir den sechsten Koeffizienten, der zwar erhebliche Streuungen aufweist, mit einem maximalen Wert von +36 gpm und kleinsten Wert von -52 gpm, aber doch überwiegend negativ

0:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen

ermin in (gpm)

um  $c_2(t)w_2$   $c_3(t)w_3$   $c_4(t)w_4$   $c_5(t)w_5$   $c_6(t)w_6$   $c_7(t)w_7$   $c_8(t)w_8$  zonaler Strömung schw. > 50 Kn.

Gebiete mit

hoher Windge-

Trog Rücken

8.12.66	+45	+9	-13	-40	-17	+25	-16	SW-, M-, W-, SO-, NO-Amerika	O-Atlantik, SW- Sibirien, M-N-Amerika	W-Atlantik, Island, Mittel- meer, M-O- Sibirien	SO-Atlantik Ural, No-Sibirien
9.12.66	+47	+9	-19	-28	-22	+24	-18	NO-Pazifik, M-Amerika, SW-, S-, SO- Sibirien	W-SW-NW-M-Amerika, England, Deutsche Bucht, S-Skandinavien	Alaska, M-Kana- da, SW-, NW- Atlantik, NO- Europa, SO- Europa, Mittel- meer	SO-Atlantik Barentsee, Ural, N-NO-Sibi- rien
10.12.66	+42	+5	-25	-22	-29	+24	-22	N-Atlantik, S-, SO-Sibi- rien	M-O-Amerika, O- Atlantik, Benelux, England, Frank- reich	M-N-Amerika, NO-, S-M-Atlan- tik, S-Skandi- navien, S-, SO- Sibirien	SO-, SW-At- lantik, Barent- see, Ural, N-, NO-Si- birien
11.12.66	+32	0	-31	-12	-32	+31	-22	NW-, N-, O-Atlan- tik, SO-Sibirien	ONO-Amerika, O-At- lantik, Benelux, England, Frank- reich, SO-Skandi- navien	SO-Amerika, M-Atlantik, NW- Europa, M-S-O- Sibirien, Mandschurei	SO-, SW- Atlantik, NW-Ural, Nowaja- Semlja
12.12.66	+27	+4	-24	-8	-37	+28	-19	NW-, SO-Atlantik, S-Sibirien	NW-, M-, O-Atlan- tik, M-Europa, NO-, O-Amerika	N-Kanada, S-, SO-Grönland, NO-Atlantik, Ostsee, M-, W-Sibirien	SW-Amerika, SW-Atlantik, NO-Kanada, Barentsee, Karasee, N-Sibirien

Tabell 4 Termirauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) > -222$  (gpm)

Orthogonalfunktionen der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen

in (gpm) Gebiete mit hoher Windgeschwindigkeit > 50 Km.

	$c_2(t)w_2$	$c_3(t)w_3$	$c_4(t)w_4$	$c_5(t)w_5$	$c_6(t)w_6$	$c_7(t)w_7$	$c_8(t)w_8$	zonaler Strömung schw. > 50 Kn.	Trog	Rücken	
27.12.68	+42	+44	-10	-26	+13	+16	+25	M-,SO-Amerika, China,NW-Pazifik	NW-,W-,M-,O-Amerika W-M-Atlantik, Dänemarkstraße, S-Europa, Kurilen, Japan	Kanada,Neufundland, Mandschurei, NO-Sibirien, M-O-Europa, Skandinavien	M-N-Atlantik, Ural, Alaska
28.12.68	+46	+42	-11	-22	+9	+13	+32	SW-,S-,SO-Asien, China,Japan, SW-Pazifik	W-,S-,O-Amerika, O-Atlantik,SO-Europa,Mandschurei,Japan, Alaska	W-,O-Kanada, Neufundland,M-,SO-Europa,S-Sibirien,Mandschurei,M-Pazifik	W-Alaska, M-N-Atlantik, Ural, NO-Sibirien
29.12.68	+53	+32	-18	-23	+19	+10	+38	SW-,S-,SO-Amerika, China, Kurilen, W-Pazifik,SW-,S-,SO-Asien	SW-,S-,SO-Amerika, NW-Atlantik, S-Europa, Mandschurei	W-Kanada,Neufundland,Große-Seen-Platte, Hudsonbai, Europa,W-Sibirien,Mandschurei, M-N-Pazifik	W-Alaska, M-N-Atlantik, Ural,N-,NO-Sibirien, Beringmeer
30.12.68	+52	+32	-23	-37	+25	0	+36	M-O-USA,S-,SO-Asien,SW-,S-Pazifik	Alaska,W-M-O-USA, NO-Island,England,SO-Europa, SO-Mandschurei, Kurilen	W-,M-,O-Kanada M-Europa,Europ.Nordmeer, S-M-O-Sibirien, NW-Pazifik	W-Alaska,N-Kanada,M-N-Atlantik, Atlantik, Kaspisches Meer,NW-,SW-,NO-Sibirien, Beringmeer
31.12.68	+51	0	-45	-38	+16	-13	+26	M-S-USA,S-,SO-Asien,Japan, W-Pazifik	SW-,S-,O-Amerika, NO-Atlantik, O-Europa,SW-Sibirien,Mandschurei, Japan	M-,NO-Kanada, Davisstraße, SW-Sibirien, Kasakensteppe, Kurilen	M-,O-Atlantik, SW-Ural, N-Sibirien, Beringmeer

Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) > -222$  (gpm)

2:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen  
in (gpm)

Gebiete mit  
hoher Wind-

$c_2(t)w_2$   $c_3(t)w_3$   $c_4(t)w_4$   $c_5(t)w_5$   $c_6(t)w_6$   $c_7(t)w_7$   $c_8(t)w_8$  zonaler Strömung geschw. > 50 Kn. Trog Rücken.

1.1.69	+48	- 4	-51	-36	0	-22	+40	S-Mandschurei, Kurilen, NW-Pazifik	NW-, S-, O-Amerika, O-, M-Europa, SW-Sibirien	Große-Seen-Plat- te, Skandinavien M-Europa, Kasa- kensteppe, Mand- schurei, Kurilen	N-Kanada, O-Atlantik SO-Europa, NW-Sibirien Beringmeer
1.1.69	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43	NW-Amerika, SSO- Asien, NW- Pazifik	NW-, M-, O-Amerika, N-Atlantik, M-Europa, Kasakensteppe, Japan	Alaska, N-, O- Kanada, Skandi- navien, M-Europa Mittelmeer, Mandschurei, Ko- sakensteppe, Kurilen	Davisstr., O-Atlantik, Ural, NW, N-Sibi- rien, M-N-Pazifik
1.1.69	+44	- 2	-37	- 2	- 8	-25	+43	M-, SO-Amerika, W-Atlantik, SO-Asien	M-, O-Amerika, N-Atlantik, NW-Europa, SW-Sibirien, Japan, Beringmeer	Alaska, Nordpo- larmeer, NO-Ka- nada, M-S-Atlan- tik, Mittelmeer, M-Europa, Skan- dinavien, Kosa- kensteppe, Ochotskisches Meer	Davisstr., O-Atlantik, England, Ural, W-Sibirien, M-N-Pazifik Beringmeer
4.1.69	+17	+17	-28	- 9	- 4	-16	+41	O-Amerika, W-Atlantik, England, SO-Sibirien, NO-Pazifik, Japan	M-O-Amerika, W-Atlantik, England, SO-Sibirien, Japan, NO-Pazifik	Alaska, Kanada, Nordpolarmeere, Europ. Nordmeer, Kosakensteppe, N-Sibirien, Manschurei	M-, SO-Atlan- tik, W-M- Ural, W-Sibirien, M-N-Pazifik SO-Pazifik
1.1.69	0	+22	-20	-18	- 2	- 2	+37	SO-Asien, SW-, S-Pazifik	M-O-Amerika, W-Atlantik, SO-Grönland, SO-Pazifik	NW-, NO-Amerika, Nordpolarmeere, NO-, SO-Atlan- tik, Mittelmeer S-Ural, NW-Sibirien, Mandschurei, Mandschurei	S-Grönland N-Atlantik O-Europa, M-S-Sibi- rien, M-N- SO-Pazifik

Tabelle 6      Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) > -222$  (gpm)

Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.									
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. &									

Abelle 8

Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)

10:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen

in (gpm)

Termin  $c_2(t)w_2, c_3(t)w_3, c_4(t)w_4, c_5(t)w_5, c_6(t)w_6, c_7(t)w_7, c_8(t)w_8$  zonaler Strömung schw. > 50 Kn.

Trog Rücken

8.1.67	-42	-13	+32	+32	+32	0	+8	-3	S-Amerika, M-O-Atlantik, M-S-Sibirien	W-M-O-Amerika, NW-M-Atlantik, N-SO-Europa, NW-M-Sibirien, N-Pazifik	Hudsonbai, SO-Europa, NW-N-NO- Sibirien, Beringmeer	S-M-Europa NO-Pazifik
19.1.67	-48	-3	+32	+21	-12	0	-3	W-M-S-Amerika, W-M-Atlantik, SW-Sibirien, SO-Asien, W-Pazifik	W-Alaska, W-M-O-Amerika, NW-M-O-SO- Atlantik, N-SO-Europa, SW-M-Sibirien, NW-N-Pazifik	Hudsonbai, SO-Atlantik, SO-Europa, NW-N-NO- Europa	Alaska, Beaufortsee SO-Grönland Island, Ukraine	
20.1.67	-52	+17	+24	+10	-18	-8	-10	W-M-O-Amerika W-M-Atlantik SW-S-Sibirien	NO-Alaska, W-M-O- Amerika, NO-M-SO-Atlantik Skandinavien, SW-SO-Europa, SW-NO-Sibirien, SO-Asien	N-M-O-Kanada NW-O-Atlantik SO-Europa, Schwarzes Meer, N-NO-SO- Asien	N-Atlantik, Beaufortsee O-Grönland, NO-Island, M-Europa, M-Pazifik	
21.1.67	-52	+26	+28	-2	-9	-8	-26	W-M-O-Amerika W-M-O-Atlantik SW-SO-Sibirien	SW-Alaska, NW-Kanada, W-M-O-Atlantik, NW-NO-Europa, Türkei, SW-M-SO- Sibirien	NO-Pazifik, NW-M-O-Kanada, N-O-Atlantik, NO-O-Europa, Kaspisches Meer NW-N-NO- Sibirien	Beringmeer Alaska, Beaufortsee NO-Atlantik SO-Europa, Japan	
16.2.67	-44	-20	+12	+24	+6	+10	+12	SW-S-SO-O- Amerika, W-M-O- Atlantik, SW-Sibirien	NW-SW-S-SO- O-Amerika, W-M-O-Atlantik, SW-NO-SO-Europa, SW-M-Sibirien, NO-Pazifik, SW-Alaska	NW-NO-Kanada NW-M-Atlantik Türkei, SO-Euro- pa, NW-Sibirien Ochotskisches Meer, Beringmeer	Skandinavien Mittelmeer M-S-Sibirien Alaska	



Abbildung 9 Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)

Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.		Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken						
Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.		Gebiete mit hoher Windge- zonaler Strömung schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken						
7.2.67	-47	-23	+13	+24	-2	0	+13	M-S-, SO-Amerika, SW-Alaska, NW-, S-, W-, M-, O-Atlantik SO-, O-Amerika, NW-Pazifik W-, M-, SO-Atlantik, NW-Skandinavien, O-, SW-Europa, M-S-Sibirien, SO-Asien	NO-Kanada, M-N-Atlantik, Türkei, Ural NW-Sibirien, Karasee, NW-Pazifik										NO-Alaska, NO-Europa, SO-Sibirien	
8.2.67	-47	-23	+10	+36	+3	+5	+16	M-S-, O-Amerika W-, M-, SO-Atlantik, SW-Europa, M-S-Sibirien	Alaska, NW-, M-, O-Amerika, W-, M-, O-Atlantik, M-, SW-Europa, SW-, M-Sibirien, Kasakensteppe, Mandschurei										NO-Kanada, NW-Atlantik, England, Türkei, SW-Sibirien, Kasakensteppe	O-Europa, NW-Bering-meer
9.2.67	-48	-17	+4	+23	+7	-2	+16	M-, O-Amerika, W-, M-, SO-Atlantik	SW-Alaska, NW-, M-, O-Amerika, W-, M-, O-Atlantik, W-, SW-Europa, Ural, Kasakensteppe, S-Sibirien										NO-Kanada, NW-, N-, O-Atlantik, Italien, Schwarzes Meer NO-Türkei, SW-, NW-, NO-SO-Sibirien, W-Beringmeer	NO-Pazifik, M-N-Kanada, O-Grönland, Dänemarkstr O-, SO-Europa, M-S-Sibirien
0.2.67	-36	-19	+5	+20	+12	-3	+5	M-W-, M-O-Amerika, W-, M-, O-Atlantik	W-Alaska, M-W-, M-O-Amerika, W-, M-O-Atlantik, W-, M-, SW-Europa, W-, M-, SO-Sibirien, Japan										NO-Kanada, Davisstr., NW-, N-, O-Atlantik, Ägais, M-N-, SO-Sibirien, Beringmeer	NO-Pazifik, M-N-Kanada, O-Grönland, Dänemarkstr. O-SO-Europa M-S-Sibirien
4.12.68	-33	+6	+37	+20	-37	-42	-16	W-, M-, O-Atlantik SW-, S-, SO-Asien, SW-M-Sibirien	W-, M-, S-, O-Amerika, W-, M-, SO-Atlantik, N-, NO-Europa, SW-, S-, M-Sibirien, Japan										NO-Pazifik, M-, NO-USA, S-Grönland, Frankreich, Jugoslawien NW-, N-, NO-Sibirien, Nordpolar-meer, Mandschurei	O-Grönland Skandinavien

Tabelle 10 Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)  
 0:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen  
 ermin in (gpm)

am	$c_2(t)w_2$	$c_3(t)w_3$	$c_4(t)w_4$	$c_5(t)w_5$	$c_6(t)w_6$	$c_7(t)w_7$	$c_8(t)w_8$	zonaler Strömung schw. > 50 Kn.	Trog	Rücken	
5.12.68	-23	+18	+40	+27	-32	-37	-8	NW-, M-O-Atlantik SW-, M-Sibirien, M-Pazifik, SO-Asien	M-O-, SO-, NO-Amerika NW-M-O-Atlantik, NO-Europa, M-S-, NO-Sibirien, SO-Asien	ONO-, M- Europa	
									{		
2. 2.72	-26	-18	-8	+13	-22	-10	-4	W-, N-M-, O-Ameri- ka, W-, O-Atlan- tik, W-M-Sibi- rien, SO-Asien, W-, M-O-Pazifik	NW-, S-, SO-Amerika, W-, M-, O-Atlantik, SW-Europa, Ural, SO-Asien	NO-Pazifi, N-Kanada, Texas, NO- Atlantik, NW- M-, M-, S-Sibi- rien	NO-Sibiren O-Sibirische See
13. 2.72	-22	-25	-4	+5	-19	-4	+3	W-, M-N-, O-Ameri- ka, W-, M-, O- Atlantik, SO- Asien, W-, M-, O-Pazifik	NW-, M-S-Amerika, M-, SO-Atlantik, SW-, S-Europa, SW-, M-Sibirien	Alaska, SO-USA, Davisstr., Grönland, M-S-Europa, NW-, M-Sibirien	NO-Sibirien
24.12.72	-28	-28	+9	+17	-30	-13	-7	W-, O-Amerika, W-, M-Atlantik, W-, M-O-Sibirien, SO-Asien, SW-, M-O-Pazifik	NW-, M-Atlantik, NW-, NO-Europa	NO-Pazifik, M-Amerika, Mittelmeer, Kasakensteppe, Beringmeer, NW-Sibirien	Alaska, O-Europa, NO-Sibi- rien
25.12.72	-32	-32	+6	+18	-30	-18	+3	NW-, N-, NO-Ameri- ka, NW-, W-, M- Atlantik, M-O- Sibirien, W-M- Pazifik	W-, M-, O-Amerika W-, M-, O-Atlantik	NO-Pazifik, Alaska, N-Kanada SO-Amerika, NW- Grönland, O-Atlan- tik, Turkestan, N-, NO-Sibirien, Nordpolarmeer	SO-Europa Beringstr.

abelle 11 Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)  
 :oo GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen  
 :rmin in (gpm)

zonaler Strömung schw. > 50 Kn																			Trog	Rücken										
$c_2(t)w_2$	$c_3(t)w_3$	$c_4(t)w_4$	$c_5(t)w_5$	$c_6(t)w_6$	$c_7(t)w_7$	$c_8(t)w_8$	+ 1	- 12	- 36	- 23	- 10	+ 3	- 5	- 3	- 33	+ 30	+ 24	- 23	- 19	- 20	- 17	- 13	- 4	- 16	- 50	- 3	- 17	- 48	- 53	12.72
M-,NO-Amerika, M-S-,NO-Amerika, NW-,M-,O-Atlan- M-,NW-Atlantik, tik,M-S-,SO-Sibi-Japan rien,Mandschurei, S-,SO-Asien, W-,M-Pazifik																			Alaska, Davisstr. NO-Kanada, W-Grönland, N-,SO-Sibi- rien,Nord- pol	Beringmeer Beringstr. Skandinavien S-Ural, NO-Sibirien										
NW-Atlantik, W-,M-Sibiren, SW-,M-Pazifik																			Alaska,NO- Kanada,NW- Atlantik, SO-Europa, M-Sibirien, SW-Pazifik	NO-Atlantik N-,M-Europa Beringmeer										
W-,O-Amerika, W-,M-Atlantik, W-Ural,W-,M- Sibirien,SW-,S-, SO-Asien,W-,M- Pazifik																			SW-Alaska,NW-, N-,NO-Kanada, NW-N-Atlantik, Türkei,NW-, N-Sibirien, N-Pazifik	Beringmeer, Mexiko, Skandina- vien, M-Europa										
NW-,O-Amerika, W-,M-,SO-Atlan- tik,Sibirien, W-,M-,O-Pazifik																			N-,NO-Kanada, Davisstr., NW-,O-Atlan- tik,SO-Europa, Türkei,NW-,N- Sibirien, N-Pazifik	Beringmeer SW-Amerika, Skandinavien M-Europa, NO-Sibirien										
W-,M-,SO-Atlan- tik,SW-,M-S- Sibirien,W-,M-, O-Pazifik																			NW-,N-Kanada, W-,O-Atlantik, Türkei O-Pazifik	NO-Europa, NO-Sibirien										

abelle 12 Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)

oo GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen  
in (gpm)

$c_2(t)w_2 \cdot c_3(t)w_3 \cdot c_4(t)w_4 \cdot c_5(t)w_5 \cdot c_6(t)w_6 \cdot c_7(t)w_7 \cdot c_8(t)w_8$  zonaler Strömung schw. > 50. Kn. hoher Windge-

Rücken Trog

1.73	-47	-2	-5	+7	-52	-3	0	-18	O-Amerika, NW-,M-Atlantik, M-S-Sibirien, Mandschurei, W-,M-,O-Pazifik	NW-USA,NNO-Amerika, W-,M-,SO-Atlantik, SO-Asien	Alaska,N-,NO- Amerika,Davis- str.,Island, Golf v.Biskaya, NO-Türkei,Tur- kestan,NW-,M-N- Sibirien, NW-Pazifik	Beringmeer, O-Europa, NO-Sibirien
1.73	-46	+2	-7	+11	-46	0	-19	O-Amerika,NW-, W-M-Atlantik, SO-Sibirien, W-,M-,O-Pazi- fik	NO-Amerika,NW-,M-, NO-Atlantik, NO-Europa, Japan, W-Pazifik	Alaska,N-,NO- Amerika,Davis- str.,SO-Grön- land, NW-Pazifik	Beringmeer, SW-,SO-Eu- ropa	
1.73	-41	-6	-3	+13	-43	+3	-5	NO-Amerika, N-,M-S-,SO- Atlantik, SO-Asien,W-, M-,O-Pazifik	NO-Amerika, W-,M-Atlantik, NO-,O-Europa, SW-Sibirien	Alaska,S-Grön- land,Davisstr. N-Atlantik, W-Sibirien, N-Sibirien	N-Skandi- navien, NO-Sibirien Beaufortsee	
1.73	-28	0	+6	+26	-48	-2	+6	N-,W-,SO-Atlan- tik,SO-Asien, W-,M-,O-Pazi- fik	SW-,S-,SO-Amerika, NW-,SO-Atlantik, SW-Sibirien	Alaska,SW-, NO-O-Amerika, Davisstr., Grönland,M-N- Europa,SW-,M- N-Sibirien	Europa. Eismeer	
1.73	-19	-23	+38	+8	-23	-3	0	NW-Atlantik,SW-, S-Sibirien, W-Pazifik	M-Amerika, SW-Atlantik, M-S-Europa	Hudsonbai,NO-, O-Amerika,NW-, SO-Atlantik, Europ.Eismeer, S-Europa,Kasach- stan,Sibirien, Ochotskisches Meer,N-Polar- meer,O-Pazifik	SW-Amerika, M-,NO-Euro- pa	

Tabelle 13      Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)

00:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen  
Termin      in (gpm)

am       $c_2(t)w_2$   $c_3(t)w_3$   $c_4(t)w_4$   $c_5(t)w_5$   $c_6(t)w_6$   $c_7(t)w_7$   $c_8(t)w_8$  zonaler Strömung schw. > 50 Kn.      Gebiete mit hoher Windge-      Rücken

30.1.73	- 9	-30	+42	+ 5	-24	- 8	+ 3	S-Sibirien, S-,SO-Asien, M-Pazifik	NW-,M-,O-Atlantik, M-Europa,Japan, Beringmeer, W-Pazifik	NO-Amerika, NO-Atlantik, SO-Europa, SW-,M-O-Sibirien	W-Amerika, NO-,SW- Europa
31.1.73	- 3	-27	+56	+ 4	-23	- 8	0	M-S-Amerika, SO-Sibirien, SO-Asien, W-,M-,O-Pazi- fik	M-SO-Amerika,W-, M-N-,O-Atlantik, Turkestan, SO-Asien,Japan, W-Pazifik	Alaska,NO-Ame- rika,Island, Europ.Eismeer, SO-Europa, SW-,NO-Sibirien	M-Atlantik M-N-Europa
1.2.73	- 2	-23	+57	+ 4	-22	-10	- 8	SO-Asien, W-,M-Pazifik	SW-,S-,SO-Amerika, W-,M-N-,O-Atlantik SO-Asien	Alaska,SW-Ame- rika,NW-Atlan- tik,SW-,W-M- Europa,SW-Sibi- rien,NO-,SO- Sibirien,Nord- polarmeer	M-,O-Atlan- tik,NO-,O- Europa
2.2.73	- 5	-12	+41	+ 8	- 4	-11	-10	W-Pazifik	Alaska,S-Amerika, W-,M-N-,O-Atlan- tik	NW-Kanada,M-S- Amerika,Davis- str.,NW-Atlan- tik,SW-,SO-Euro- pa,SW-,NO-Sibi- rien,Kasachstan, NW-Pazifik	SW-Amerika, M-,O-Atlan- tik, M-O-Ostsee
9.2.73	- 3	-16	- 3	+ 7	+36	+ 6	+ 7	M-Europa, W-Pazifik	NO-,SO-Amerika, NW-Atlantik, M-Europa,SW-, M-O-Sibirien, Japan	NO-,O-Amerika, SW-,SO-Atlan- tik,NO-Europa, W-Sibirien, Ochotskisches Meer,NW-,NO- Pazifik	SW-,W-Ame- rika, M-N-Sibi- rien

Tabelle 14 Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)

00:00 GMT Koeffizienten der ersten 8 nat. Orthogonalfunktionen

Termin in (gpm)

am  $c_2(t)w_2$   $c_3(t)w_3$   $c_4(t)w_4$   $c_5(t)w_5$   $c_6(t)w_6$   $c_7(t)w_7$   $c_8(t)w_8$  zonaler Strömung schw. > 50 Kn. Gebiete mit hoher Windge-

	$c_2(t)w_2$	$c_3(t)w_3$	$c_4(t)w_4$	$c_5(t)w_5$	$c_6(t)w_6$	$c_7(t)w_7$	$c_8(t)w_8$	Trog	Rücken
10.2.73	-9	-18	0	-4	+19	+4	+3	SW-, SO-Pazifik SO-, O-Amerika, W-, M-N-, O-Atlant- tik, M-O-Europa, SW-, SO-Sibirien, W-, M-Pazifik	O-Pazifik, N-, NO-, S-Amerika, Davisstr., N-Grönland, NO-, O-Europa, SW-, W-, NW-, SO- Sibirien Alaska, M-O-Atlant- tik, M-N-Sibi- rien
11.2.73	-10	-12	+3	-12	0	-2	-7	NW-, M-N-Amerika, O-Europa, W-Sibi- rien, SO-Asien, SW-, W-, M-Pazi- fik SW-, NO-Amerika, W-, M-N-, O-Atlantik, O-Europa, Mandschurei, SO-Asien, Japan, W-Pazifik	O-Pazifik, NW-, N-, NO-Kanada, SO-Amerika, SW-M-N-, NO- Europa, NW-, SO- Sibirien, Ochotskisches Meer Alaska, Bering- str., NO-Sibi- rien
12.2.73	+20	-2	+3	-4	-8	0	-7	W-, NW-, M-Ameri- ka, M-N-, O-Atlant- tik, SW-, M-Sibi- rien, W-, M-, O- Pazifik SW-Amerika, W-, M-N-, NO- Atlantik, O-Europa, SW- Sibirien, SO-Asien, Japan	M-N-Amerika, NO-Atlantik, Europ. Eismeer, Polen, N-Ural, Nordpolarmeer, SO-Sibirien, Ochotskisches Meer Alaska, Bering- str., NO-Sibi- rien, M-, SO- Atlantik
26.12.74	-23	-34	+4	-16	-22	-23	-9	O-Amerika, W-, M-, O-Atlantik, M-Eu- ropa, SO-Asien, W-, M-, O-Pazi- fik NW-Mexiko, O-Ameri- ka, W-, M-, O-Atlant- tik, Mandschurei, SO-Asien, Japan	Alaska, SW-, N-, NO-Amerika, Grönland, Davisstr., Europa. Nord- meer, Kasach- stan, SW-, O-, NO-Sibirien M-N-Sibi- rien

Tabelle 15 Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t) < -286$  (gpm)

Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge- schw. > 50 Kn.										Trog		Rücken	
Gebiete mit hoher Windge-													

Wetterlage  
 zonal  $w_{22}(t)$  gpm meridional  
 zonal  $w_{33}(t)$  gpm meridional

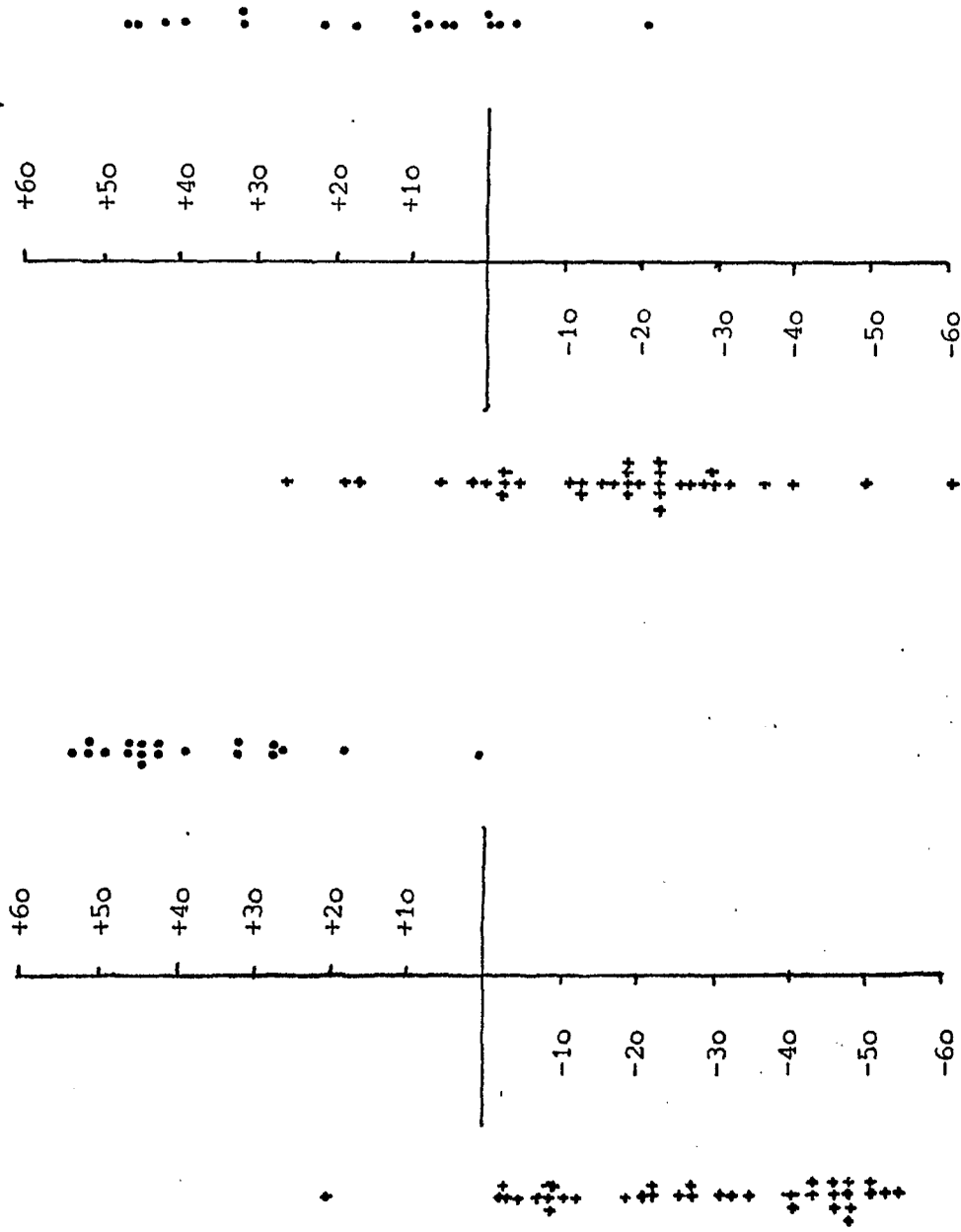


Abb. 9

Abb. 10

Punktvolkendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen  
 (" $b_2(t)$  - Termine").



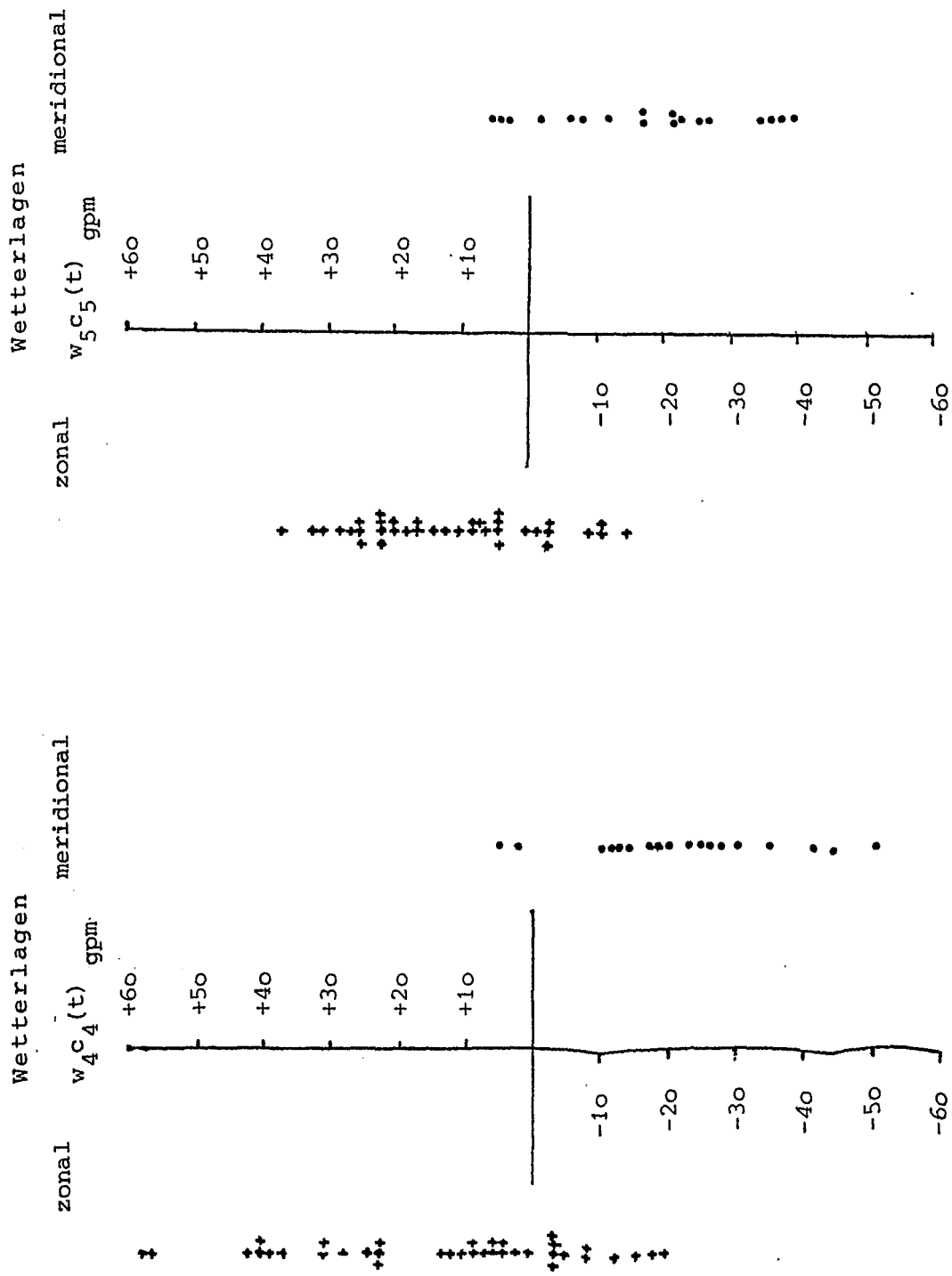


Abb. 11

Abb. 12

Punktwolkenendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen ( $b_2(t)$  - Termine).

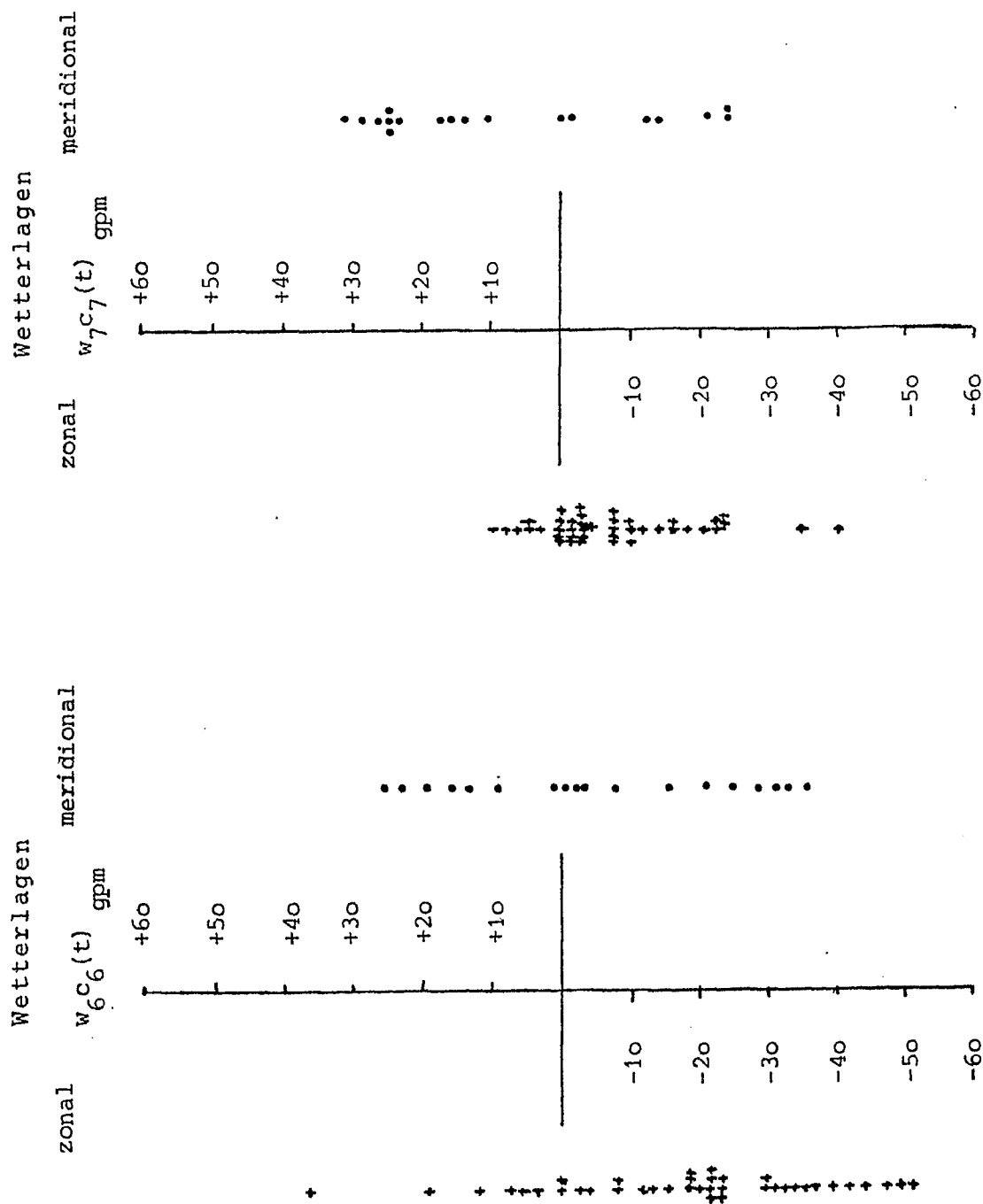


Abb. 13

Abb. 14

Punktvolkendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen ("b<sub>2</sub>(t) - Termine").

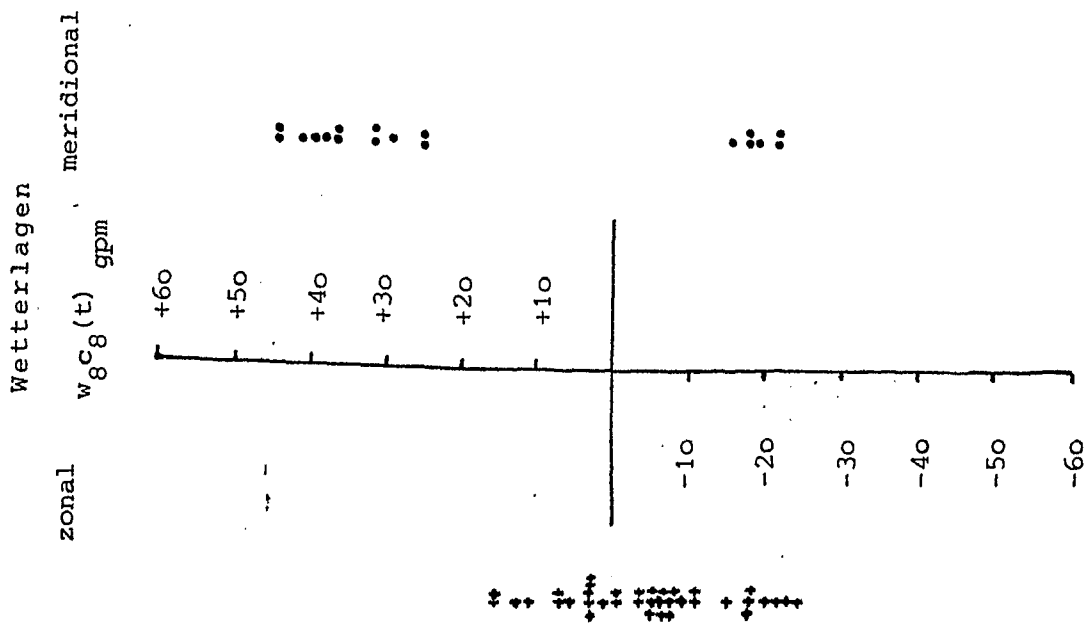


Abb. 15

Punktwolkenendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen  
("b<sub>2</sub>(t) - Termine").

ist. Seine zentrale Bedeutung wird im nächsten Abschnitt deutlich, in dem hochreichende Antizyklonen über Nord-, Nordost-Europa sowie dem nördlichen Teil Mitteleuropas untersucht werden. Für den siebenten und achten Koeffizienten, die in Abb. (14) und (15) dargestellt sind, fällt die Aussage schon schwerer; ihr Einfluß auf die Strömung wird erst klar, wenn wir uns die Koeffizienten von Terminen ansehen, an denen Zyklonen oder Antizyklonen über bestimmten Gebieten auftraten. Deshalb habe ich mir jeweils bei den zonalen und meridionalen Terminen jene Gebiete herausgesucht, die häufiger von Antizyklonen beeinflußt waren. Ich hätte natürlich auch genauso gut die von Zyklonen beeinflußten Gebiete bezüglich ihrer Koeffizienten ansehen können, aber da erfahrungsgemäß ein Gebiet höheren Druckes von einem niedrigeren Druck, in dieser Betrachtung eines niedrigen Geopotentialfeldes, umgeben ist, genügt entweder die Angabe jener Gebiete hohen Geopotentials oder niedrigen Geopotentials. Mich interessieren jetzt vor allem die Vorzeichen der ausgedruckten Koeffizienten. Analog zu den nach subjektiver Auswahl gefundenen Terminen muß sich der Zusammenhang zwischen synoptischen Großwetterlagen und den Koeffizienten vor allem im Vorzeichen niederschlagen. Aus diesem Grund habe ich eine Darstellung gewählt, die sämtliche "Koeffizienten-Termine" berücksichtigt, bei denen Antizyklonen, also "Rücken", über jeweils dem gleichen Gebiet auftraten. Neben der Untersuchung mit Hilfe der früher besprochenen Kugelflächenfunktionskoeffizienten in zonale und meridionale Lagen werden die Koeffizienten  $w_2c_2(t)$  bis  $w_8c_8(t)$  zu den besonderen Wetterlagen aufgeführt. Für den meridionalen Fall erhalte ich so neun verschiedene Gebiete, über denen Antizyklonen registriert wurden. Diese Gebiete mit hohem Geopotential sind der mittlere-nördliche und nordöstliche Pazifik, Tab. (17); der südöstliche Pazifik bis  $35^\circ$  Nord, Tab. (18); das nördliche und nordöstliche Kanada, Tab. (19); der nordwestliche, nördliche und mittlere-nördliche Atlantik bis  $55^\circ$  Nord, außerdem mit Davisstraße und Süd-Grönland, Tab. (20);

der mittlere-östliche und südöstliche Atlantik, Tab. (16), Südost- und Osteuropa in Tab. (21); das mittlere südliche Sibirien, Südwestsibirien, das Kaspische Meer, der mittlere und südliche Ural, Tab. (22); der nordnordwestliche Ural, der nordwestliche, nördliche Teil Sibiriens, die Barentsee, Sewernaja- und Nowaja-Semlja, Tab. (23) und schließlich in Tab. (24), Nordost-Sibirien, das Beringmeer sowie Südwest- und West-Alaska.

Außerdem enthalten die Tabellen (16-24) eine prozentuale Angabe über die Vorzeichenverteilung der Koeffizienten. Aus den vorher schon dargelegten Gründen muß die Art des Vorzeichens den stärksten Einfluß auf die Charakterisierung von auffallenden synoptischen Großwetterlagen haben. Ein kleines Beispiel anhand der Tabelle (16) soll dieses verdeutlichen.

Beim meridionalen Strömungsfall konnte ich nur Termine finden, an denen ein "Rücken" über dem mittleren-östlichen und südöstlichen Atlantik auftrat. Wie in der Tabelle schnell zu sehen ist, war der Koeffizient  $w_2c_2(t)$  an sämtlichen Terminen positiv, also zu 100 %, während der Einfluß des Koeffizienten  $w_3c_3(t)$  nicht klar ist. In dem vorliegenden Beispiel gab es 5 positive und 7 negative Werte;  $w_3c_3(t)$  war also zu 77 % negativ. Dagegen scheint der Zusammenhang zwischen dem vierten und fünften Koeffizienten für diese neun Termine klarer zu sein. Jeweils waren alle neun negativ, also zu 100 %,  $w_6c_6(t)$  hatte 7 negative Werte, war damit zu 77 % negativ;  $w_7c_7(t)$  hatte nur 5 negative und 4 positive Werte, war also zu 55 % negativ. Ähnlich sieht es auch für den letzten untersuchten Koeffizienten,  $w_8c_8(t)$  aus. Er ist zu 55 % positiv. Bei der späteren Auswertung soll nur jenen Koeffizienten eine Aussagekraft zugesprochen werden, die mindestens zu 75 % ein positives oder negatives Vorzeichen aufweisen. In der weiteren Diskussion sollen die früher genannten Gebiete besprochen werden, die von Antizyklonen bedeckt waren. Die Tabelle (17) zeigt die Vorzeichenverteilung über den nordöstlichen und mittleren nördlichen Pazifik.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	+45	+ 9	-13	-40	-17	+25	-16
	+47	+ 9	-19	-28	-22	+24	-18
	+42	+ 5	-25	-22	-29	+24	-22
	+32	o	-31	-12	-32	+31	-22
M-O-,O-,SO-	+51	o	-45	-38	+16	-13	+26
Atlantik	+48	- 4	-51	-36	o	-22	+40
	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43
	+44	+ 8	-37	- 2	- 8	-25	+43
	+27	+17	-28	- 8	- 4	-16	+41
Anzahl der negativen Werte	o	7	9	9	7	5	4
Anzahl der positiven Werte	9	5	o	o	1	4	5
Prozentuale Vorzeichenverteilung	+100%	-77%	-100%	-100%	-77%	-55%	+55%

Tabelle 16

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-O-,O-,SO-Atlantik. Meridionaler Strömungsfall.

Hier zeichnet sich der vierte Koeffizient am stärksten aus.  $w_2c_2(t)$  mit 80 % positiven Werten paßt gut in das Bild, das wir schon im Kapitel VI. für die meridionale Strömung festgestellt hatten. Die Koeffizienten  $w_5c_5(t)$ ,  $w_6c_6(t)$  und  $w_7c_7(t)$  sind einheitlich zu 80 % negativ, während sich das Vorzeichen beim 8. Koeffizienten wieder umkehrt. Dieser ist zu 80 % positiv. Für den Rücken über dem südöstlichen Pazifik, Tab. (18), konnte ich nur 2 Termine nach der Auswahl mit dem zweiten Kugelflächenfunktionskoeffizienten finden.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	+18	-21	-26	+ 5	+23	+16	-18
NO-, M-N-	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43
Pazifik	+44	+ 8	-37	- 2	- 8	-25	+43
	+27	+17	-28	- 8	- 4	-16	+41
	o	+22	-2o	-18	- 2	- 2	+37
Anzahl der negativen Werte	o	2	5	4	4	4	1
Anzahl der positiven Werte	4	3	o	1	1	1	4
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	+8o%	+6o%	-1oo%	-8o%	-8o%	-8o%	+8o%

Tabelle 17

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $w_2 c_2(t)$  -  $w_8 c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für NO-, M-N-Pazifik. Meridionaler Strömungsfall.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	+27	+17	-28	- 8	- 4	-16	+41
SO-Pazifik	o	+22	-2o	-18	- 2	- 2	+37
Anzahl der negativen Werte	o	o	2	2	2	2	o
Anzahl der positiven Werte	1	2	o	o	o	o	2
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	+5o%	+1oo%	-1oo%	-1oo%	-1oo%	-1oo%	+1oo%

Tabelle 18

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen  $w_2 c_2(t)$  -  $w_8 c_8(t)$  für SO-Pazifik. Meridionaler Strömungsfall.

Darum sind die folgenden Angaben nur unter Vorbehalt repräsentativ.  $w_3c_3(t)$  ist zu 100 % positiv, dagegen sind die Vorzeichen bei  $w_4c_4(t)$ ,  $w_5c_5(t)$ ,  $w_6c_6(t)$  und  $w_7c_7(t)$  einheitlich zu 100 % negativ, nur der letzte untersuchte Koeffizient  $w_8c_8(t)$  wird wieder positiv. Wie nach der Punktwolkendarstellung, siehe Abb. (8), schon fast zu erwarten war, ist  $w_2c_2(t)$  für den "Rücken" über Nordost- und Nord-Kanada zu 100 % positiv. Die prozentuale Vorzeichenverteilung für dieses Gebiet ist in Tab. (19) dargestellt.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
NO-, N-	+27	+ 4	-24	- 8	-37	+28	-19
Kanada	+48	- 4	-51	-36	o	-22	+40
	+52	+32	-23	-37	+25	o	+36
Anzahl der negativen Werte	o	1	3	3	1	1	1
Anzahl der positiven Werte	3	2	o	o	1	1	2
Prozentuale Vorzeichenverteilung	+100%	+66%	-100%	-100%	+50%	+50%	+66%

Tabelle 19

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$  -  $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für NO-, N-Kanada. Meridionaler Strömungsfall.

Nur für  $w_4c_4(t)$  und  $w_5c_5(t)$  können noch weitere eindeutige Angaben gemacht werden. Sie sind beide zu 100 % negativ. In der nächsten Tabelle, Tab. (20), werden 9 Termine dargestellt, bei denen ein "Rücken" über dem nordwestlichen, dem nördlichen, dem mittleren-nördlichen Atlantik, der Davisstraße sowie dem südlichen Grönland registriert wurde.



Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	+42	+44	-10	-26	+13	+16	+25
	+46	+42	-11	-22	+ 9	+13	+32
NW-,N-,M-N-	+53	+32	-18	-23	+19	+10	+38
Atlantik	+52	+32	-23	-37	+25	o	+36
Davisstr.	+35	+46	+ 5	+ 4	-34	+23	+29
S-Grönland	+27	+38	+ 2	+ 2	-27	+24	+31
	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43
	+44	+ 8	-37	- 2	- 8	-25	+43
	o	+22	-20	-18	- 2	- 2	+37
Anzahl der negativen Werte	o	1	7	6	5	3	o
Anzahl der positiven Werte	8	8	2	2	4	5	9
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	+88%	+88%	-77%	-66%	-55%	+55%	+100%

Tabelle (20)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der  $c_2(t)$ -  
 $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für NW-,N-,M-N-Atlantik,  
Davisstr. und S-Grönland.

Meridionaler Strömungsfall.

$w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  sind zu 88 % positiv, während  $w_4c_4(t)$   
mit 77 % negativen Werten auffällt, Nur bei  $w_8c_8(t)$  schei-  
nen wir eine klarere Aussage machen zu können, denn an  
sämtlichen Terminen sind die Werte positiv. Der "Rücken"  
über dem mittleren-östlichen und südöstlichen und östli-  
chen Atlantik, Tab. (16), wurde schon früher diskutiert,  
siehe Seite 57.

Wenn wir nun noch weiter im Osten nach hochreichenden  
Antizyklonen suchen, so finden wir für den meridionalen  
Typen über Südost- und Ost-Europa hohe Geopotentialwerte,  
die in Tab. (21) dargestellt sind.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	+35	+46	+ 5	+ 4	-34	+23	+29
SO-,O-	+27	+38	+ 2	+ 2	-27	+24	+31
Europa	+48	- 4	-51	-36	o	-22	+40
	o	+22	-20	-18	- 2	- 2	+37
Anzahl der negativen Werte	o	1	2	2	3	2	o
Anzahl der positiven Werte	3	3	2	2	o	2	4
Prozentuale Vorzeichenverteilung	+75%	+75%	-50%	-50%	-75%	-50%	+100%

Tabelle (21)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$  -  $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für SO-,O-Europa. Meridionaler Strömungsfall.

$w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  waren danach positiv, dagegen fand ich für  $w_6c_6(t)$  zu 75 % negative Werte. Diese Tatsache wird, wie vorher schon einmal angesprochen, bei der Untersuchung der blockierenden Antizyklen über Nord-, Nordost-Europa sowie dem nördlichen Teil Mitteleuropas noch von Bedeutung werden. Auffallend ist wieder der letzte untersuchte Koeffizient  $w_8c_8(t)$ , der nur positive Werte aufweist. In der Tabelle (22) betrachten wir den mittleren und südlichen sowie den südwestlichen Teil Sibiriens, ferner das Kaspische Meer und den mittleren südlichen Ural.

Gleich vier Koeffizienten zeigen eindeutige Vorzeichen;  $w_2c_2(t)$  und  $w_8c_8(t)$  sind mit 100 % positiv, während  $w_4c_4(t)$  und  $w_5c_5(t)$  gerade zu 100 % negativ sind. Der "Rücken" über dem nördlichen und nordwestlichen Sibirien, der Barentsee, Kara-See, Nowaja Semlja und Sewernaja Semlja wird in der Tabelle 23 dargestellt.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43
	+44	+ 8	-37	- 2	- 8	-25	+43
M-S-,SW-	+27	+17	-28	- 8	- 4	-16	+41
Sibirien,	+51	o	-45	-38	+16	-13	+26
Kaspisches	+52	+32	-23	-37	+25	o	+36
Meer,	+46	+42	-11	-22	+ 9	+13	+32
M-S-Ural	+53	+32	-18	-23	+19	+10	+38
	+42	+44	-10	-26	+13	+16	+25
Anzahl der negativen Werte	o	1	8	8	3	4	o
Anzahl der positiven Werte	8	6	o	o	5	3	8
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	+100%	+75%	-100%	-100%		-50%	
					+62%		+100%

Tabelle (22)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)-c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für M-S-,SW-Sibirien, Kaspisches Meer, M-S-Ural, Meridionaler Strömungsfall.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	+48	- 4	-51	-36	o	-22	+40
N-,NW-Ural,	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43
N-,NW-	+35	+46	+ 5	+ 4	-34	+23	+29
Sibirien,	+27	+38	+ 2	+ 2	-27	+24	+31
Barentssee,	+47	+ 9	-19	-28	-22	+24	-18
Karasee,	+42	+ 5	-25	-22	-29	+24	-22
Sewernaja-	+32	o	-31	-12	-32	+31	-22
Semlja	+27	+ 4	-24	- 8	-37	+28	-19
Nowaja-							
Semlja	+51	o	-45	-38	+16	-13	+26
Anzahl der negativen Werte	o	2	7	7	7	3	4
Anzahl der positiven Werte	9	5	2	2	1	6	5
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	+100%	+55%	-77%	-77%	-77%		
						+66%	+55%

Tabelle (23)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)-c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für N-,NW-Ural, N-,NW-Sibirien, Barentssee, Karasee, Sewernaja-, Nowaja-Semlja. Meridionaler Strömungsfall.

$w_2c_2(t)$  mit hohen positiven Werten drückt wieder den meridionalen Charakter der Strömung aus, wie wir das auch schon bei den vorher diskutierten Fällen feststellen konnten. Die Koeffizienten  $w_4c_4(t)$ ,  $w_5c_5(t)$  und  $w_6c_6(t)$  sind alle gleich zu 77 % negativ. Für die verbleibenden Koeffizienten sind die Vorzeichenverteilungen kleiner als 75 %. Mit der Tabelle (24) diskutiere ich das letzte Gebiet, das hohe Geopotentialwerte aufwies. Es handelt sich um den nordöstlichen und östlichen Teil Sibiriens, das Beringmeer sowie Südwest- und West-Alaskas.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	+42	+44	-10	-26	+13	+16	+25
	+46	+42	-11	-22	+ 9	+13	+32
	+53	+32	-18	-23	+19	+10	+38
	+52	+32	-23	-37	+25	o	+36
	+51	o	-45	-38	+16	-13	+26
NO-,O-	+48	- 4	-51	-36	o	-22	+40
Sibirien,							
SW-,W-	+44	- 1	-42	-18	- 4	-25	+43
Alaska,							
Beringmeer	+44	+ 8	-37	- 2	- 8	-25	+43
	+18	-21	-26	+ 5	+23	+16	-18
	+45	+ 9	-13	-40	-17	+25	-16
	+47	+ 9	-19	-28	-22	+24	-18
	+42	+ 5	-25	-22	-29	+24	-22
Anzahl der negativen Werte	o	3	12	11	5	4	4
Anzahl der positiven Werte	12	8	o	1	6	7	8
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	+100%	+66%	-100%	-91%	+50%	+58%	+66%

Tabelle (24)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t) - c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für NO-,O-Sibirien, SW-,W-Alaska, Beringmeer. Meridionaler Strömungsfall.

Schon fast selbstverständlich finden wir ausschließlich positive Werte für den 2. Koeffizienten. Bei den Koeffizienten  $w_4c_4(t)$  und  $w_5c_5(t)$  ist das Vorzeichen gerade wieder entgegengesetzt, während  $w_4c_4(t)$  zu 100 % negativ ist, trifft dieses für  $w_5c_5(t)$  nur zu 91 % zu. Für die verbleibenden Koeffizienten liegt die Vorzeichenverteilung unter 75 %, so daß hier keine Aussagen gemacht werden können.

Analog zum meridionalen Fall habe ich für das zonale Strömungssystem Tabellen erstellt, die die Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktion mit ihrer prozentualen Vorzeichenverteilung darstellt, und zwar gerade wieder jene Gebiete, die hohe Geopotentialwerte hatten. Die in den folgenden Tabellen beschriebenen Termine wurden ausschließlich mit dem 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten  $b_2(t)$ ,  $b_2(t) < -286$  gpm gefunden.

Beginnen wir mit der Antizyklone über Alaska, der Beaufortsee, der Beringstraße, dem Beringmeer in der Tabelle (25); anschließend werden die Koeffizienten des "Rückens" über Mexiko, Südwest- und West-Amerika, Tab. (26) dargestellt; weiter östlich der mittlere-nördliche Teil Kanadas Tab. (27), der "Rücken" über der Dänemarkstraße, Islands sowie Ost- und Südost-Grönlands, in Tab. (28). Das besondere für uns wichtige Gebiet über Nord- und Nordost-Europa, Tab. (29); der südöstliche Atlantik und Südwest-Europa, Tab. (30); Ost- und Süd-Europa mit Ukraine und südlichem Ural, Tab. (31); das mittlere südliche und südwestliche Sibirien, Tab. (32), das mittlere nördliche und nordöstliche Sibirien, Tab. (33) sowie in der letzten Tabelle, Tab. (34), der nordöstliche Pazifik.

Wie schon eingangs des Kapitels ausgeführt wurde, unterscheiden sich die zonalen und meridionalen Strömungstypen vor allem im Vorzeichen ihres 2. Koeffizientenwertes. Dieses ist deutlich in der Punktwolkendarstellung der Abb. (9) zu sehen. Die Abb. (10-15) zeigen die Punktwolken für  $w_3c_3(t)$  bis  $w_8c_8(t)$ . Sämtliche im fol-

genden betrachteten zonalen Strömungstermine, dieses Mal sind es 38, wurden wieder mit Hilfe des 2. Kugel-flächenfunktionskoeffizienten gefunden, jedoch benutzte ich jetzt einen anderen Grenzwert für  $b_2(t)$  mit  $b_2(t) < -286$  gpm. Beginnen wir also mit der Diskussion der Tab. (25), die die Koeffizienten der natürlichen Ortho-

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	-44	-20	+12	+24	+ 6	+10	+12
	-47	-23	+13	+24	- 2	0	+13
	-52	+26	+28	- 2	- 9	- 8	-26
	-52	+17	+24	+10	-18	- 8	-10
	-28	-28	+ 9	+17	-30	-13	- 7
Alaska,	-10	-12	+ 3	-12	0	- 2	- 7
Beaufortsee,	-41	-33	- 3	+22	-36	-12	+ 1
Beringstr.,	-32	-32	+ 6	+18	-30	-18	+ 3
Beringmeer	- 9	-18	0	- 4	+19	+ 4	+ 3
	+20	- 2	+ 3	- 4	- 8	0	- 7
	-55	-23	-13	+24	-23	-10	+ 3
	-53	-19	-20	+30	-33	- 3	- 5
	-48	-13	-17	+22	-40	- 6	- 7
	-47	- 2	- 5	+ 7	-52	- 3	-18
	-46	+ 2	- 7	+11	-46	0	-19
	-46	- 6	- 3	+13	-43	+ 3	- 5
Anzahl der negativen Werte	15	13	8	4	13	10	10
Anzahl der positiven Werte	1	3	8	12	2	2	6
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-93%	-86%	+50%	+75%	-81%	-62%	-62%

Tabelle (25)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$  -  $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für Alaska, Beaufortsee, Beringstr., Beringmeer. Zonaler Strömungsfall.

gonalfunktionen enthält. Aus den gleichen Gründen wie beim meridionalen Fall sehen wir uns wieder die Vorzeichenverteilung der einzelnen Koeffizienten an. Die  $w_2c_2(t)$  bis  $w_8c_8(t)$  sind von sämtlichen Terminen bestimmt worden, bei denen für die zonale Strömung eine Antizyklone über Alaska, der Beaufortsee, der Beringstraße sowie dem Beringmeer beobachtet wurde.

Die Punktwolkendarstellung für den 2. Koeffizienten zeigte ja schon ganz deutlich, daß fast sämtliche Werte negativ sind. Dieses trifft auch hier zu, denn 93 % der Vorzeichen sind negativ. Wie früher schon vereinbart wurde, sollen hier nur jene Koeffizienten eine starke Aussagekraft haben, die zu 75 % das gleiche Vorzeichen haben. Danach existieren für dieses Gebiet neben dem zweiten noch drei weitere Koeffizienten, nämlich  $w_3c_3(t)$  mit 86 % negativen Werten,  $w_5c_5(t)$  mit 75 % positiven Werten sowie  $w_6c_6(t)$ , der zu 81 % negativ ist. In der Tabelle (26) wird Südwest- und West-Amerika mit Mexiko untersucht.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	-53	-19	-20	+30	-33	- 3	- 5
Mexiko,	-48	-13	-17	+22	-40	- 6	- 7
SW-,W-	-19	-23	+38	+ 8	-23	- 3	0
Amerika	- 9	-30	+42	+ 5	-24	- 8	+ 3
	- 5	-12	+41	+ 8	- 4	-11	-10
	- 3	-16	- 3	+ 7	+36	+ 6	+ 7
Anzahl der negativen Werte	6	6	3	0	5	5	3
Anzahl der positiven Werte	0	0	3	6	1	1	2
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-100%	-100%	+50%	+100%	-83%	-83%	-50%

Tabelle (26)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$ - $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für Mexiko, SW-,W-Amerika.  
Zonaler Strömungsfall.

Hier sind  $w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  zu 100 % negativ, während  $w_5c_5(t)$  gerade die umgekehrte Vorzeichenverteilung aufweist, nämlich zu 100 % positiv ist.  $w_6c_6(t)$  und  $w_7c_7(t)$  sind wieder negativ mit je 83 %. Kommen wir nun zum Gebiet mit hohem Geopotential über dem mittleren-nördlichen Kanada. In der Tabelle (27) werden die Koeffizienten und ihre prozentuale Vorzeichenverteilung gezeigt.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	-48	-17	+ 4	+23	+ 7	- 2	+16
M-N-Kanada	-36	-19	+ 5	+20	+12	- 3	+ 5
	- 9	-50	+22	- 4	-13	-22	-22
	- 7	-62	+22	0	-16	-17	-17
Anzahl der negativen Werte	4	4	0	1	2	4	2
Anzahl der positiven Werte	0	0	4	2	2	0	2
Prozentuale Vorzeichenverteilung	-100%	-100%	+100%	+50%	+50%	-100%	+50%

Tabelle (27)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$ - $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für M-N-Kanada.  
Zonaler Strömungsfall.

Wieder sind der zweite und dritte Koeffizient zu 100 % negativ. Im Gegensatz zu den beiden vorher besprochenen Gebieten kann man dieses Mal für  $w_4c_4(t)$  auch eine Aussage machen. Alle vier untersuchten Termine sind positiv. Allerdings entfällt für den fünften Koeffizienten die Aussage, da er nur zu 50 % positiv ist. Dagegen finden wir bei  $w_7c_7(t)$  zu 100 % negative Werte.

Die Tabelle (28) enthält Gebiete mit hohen Geopotentialwerten über der Dänemarkstraße, Ost- und Südostgrönland, sowie Islands.



Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
Dänemarkstr.,	-36	-19	+ 5	+20	+12	- 3	+ 5
O-,SO-Grön-	-48	- 3	+32	+21	-12	o	- 3
land,							
Island	-52	+17	+24	+10	-18	- 8	-10
	-33	+ 6	+37	+20	-37	-42	-16
Anzahl der negativen Werte	4	2	o	o	3	3	3
Anzahl der positiven Werte	o	2	4	4	1	o	1
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-100%	-50%			-75%	-75%	-75%
			+100%	+100%			

Tabelle (28)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)-c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für Dänemarkstr., O-,SO-Grönland, Island. Zonaler Strömungsfall.

$w_2 c_2(t)$  ist zu 100 % negativ, während das Vorzeichen beim vierten und fünften Koeffizienten wieder positiv wird; beide sind zu 100 % positiv. Die letzten drei betrachteten Koeffizienten, also  $w_6 c_6(t)$ ,  $w_7 c_7(t)$  und  $w_8 c_8(t)$  sind alle zu 75 % negativ. Für uns im norddeutschen Raum ist das Gebiet mit hochreichenden Antizyklen über Nord-und Nordost-Europa von besonderer Bedeutung, da diese Hochdruckgebiete die schnell von West nach Ost ziehenden Störungen weit nach Norden ablenken, uns also vor Niederschlägen schützen. 15 Termine liefert die Auswahl mit Hilfe von  $b_2(t) < -286$  gpm, die in Tabelle 29 dargestellt sind.

Bei diesen 15 Terminen war  $w_2 c_2(t)$  zu 100 % negativ,  $w_3 c_3(t)$  zu 86 % negativ, während der fünfte positiv war. Der Koeffizient  $w_6 c_6(t)$  ist dagegen wieder negativ und zwar zu 93 %. Die Koeffizienten der über dem südöstlichen Atlantik und Südwest-Europa aufgetretenen hohen Geopotentialwerte sind in der Tabelle 30 dargestellt.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	-44	-20	+12	+24	+ 6	+10	+12
	-47	-23	+13	+24	- 2	0	+13
	-33	+ 6	+37	+20	-37	-47	-16
	-23	+18	+40	+27	-32	-37	- 8
	-41	-33	- 3	+22	-36	-12	+ 1
	-19	-23	+38	+ 8	-23	- 3	0
N-, NO-	- 9	-30	+42	+ 5	-24	- 8	+ 3
Europa	- 3	-27	+56	+ 4	-23	- 8	0
	- 2	-23	+57	+ 4	-22	-10	- 8
	- 5	-12	+41	+ 8	- 4	-11	-10
	-48	- 4	-16	+16	-50	- 3	-17
	-48	-13	-17	+22	-40	- 6	- 7
	-53	-19	-20	+30	-33	- 3	- 5
	-55	-23	-13	+24	-23	-10	+ 3
	-41	- 6	- 3	+13	-43	+ 3	- 5
Anzahl der negativen Werte	15	13	6	0	14	11	8
Anzahl der positiven Werte	0	2	9	15	1	2	5
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-100%	-86%	+60%	+100%	-93%	-73%	-53%

Tabelle (29)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$ - $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für N-, NO-Europa.  
Zonaler Strömungsfall.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	-12	-41	+11	- 9	-20	-23	-23
	- 9	-50	+22	- 4	-13	-22	-22
SW-Europa,	- 7	-62	+22	0	-16	-17	-17
SO-Atlantik	-19	-23	+38	+ 8	-23	- 3	0
	- 9	-30	+42	+ 5	-24	- 8	+ 3
Anzahl der negativen Werte	5	5	0	2	5	5	3
Anzahl der positiven Werte	0	0	5	2	0	0	1
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-100%	-100%		-40%	-100%	-100%	-60%
			+100%				

Tabelle (30)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$ - $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für SW-Europa, SO-Atlantik. Zonaler Strömungsfall.

Hier fallen neben dem zweiten Koeffizienten, der wieder zu 100 % negativ ist, noch der dritte, vierte, sechste und siebente Koeffizient auf.  $w_3c_3(t)$ ,  $w_6c_6(t)$  und  $w_7c_7(t)$  sind wieder zu 100 % negativ. Nur der vierte Koeffizient weist ausschließlich positive Werte auf.

Wenn wir noch weiter ostwärts Gebiete mit hohem Geopotential suchen, so finden wir diese über Südost- und Ost-Europa. Sechs der sieben untersuchten Koeffizienten sind hiernach aussagekräftig, siehe Tabelle (31).

Beginnen wir wieder mit  $w_2c_2(t)$ ; dieser Koeffizient ist wieder zu 100 % negativ, das gleiche Vorzeichen finden wir auch bei  $w_3c_3(t)$ , allerdings nur zu 83 %.  $w_4c_4(t)$  mit 75 % und  $w_5c_5(t)$  mit 83 % sind dagegen positiv. Das Vorzeichen ändert sich erst wieder bei  $w_6c_6(t)$  und  $w_7c_7(t)$ . Diese Koeffizienten sind beide zu 75 % negativ.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	-48	- 3	+32	+21	-12	o	- 3
	-52	+26	+28	- 2	- 9	- 8	-26
	-47	-23	+10	+36	+ 3	+ 5	+16
	-48	-17	+ 4	+23	+ 7	- 2	+16
SO-, O-	-36	-19	+ 5	+20	+12	- 3	+ 5
Europa,	-28	-28	+ 9	+17	-30	-13	- 7
S-Ural,	-32	-32	+ 6	+18	-30	-18	+ 3
Ukraine	-41	-33	- 3	+22	-36	-12	+ 1
	-47	- 2	- 5	+ 7	-52	- 3	-18
	-46	+ 2	- 7	+11	-46	o	-19
	- 2	-23	+57	+ 4	-22	-10	- 8
	-20	-37	+ 9	-12	-23	-17	-18
Anzahl der negativen Werte	12	10	3	2	9	9	7
Anzahl der positiven Werte	o	2	9	10	3	1	5
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-100%	-83%	+75%	+83%	-75%	-75%	-58%

Tabelle (31)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$ - $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für SO-, O-Europa, S-Ural, Ukraine. Zonaler Strömungsfall.

In der Tabelle (32) werden Koeffizienten für einen Rücken über dem mittleren-südlichen und südwestlichen Sibirien untersucht.

$w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  sind zu 100 % negativ. Dann wechselt das Vorzeichen, denn der vierte, fünfte und sechste Koeffizient sind positiv, mit  $w_4c_4(t)$  zu 100 %,  $w_5c_5(t)$  und  $w_6c_6(t)$  zu 75 %. Erst  $w_7c_7(t)$  ist wieder zu 75 % negativ, während  $w_8c_8(t)$  zu 75 % positive Werte aufweist.

Für das mittlere-nördliche und nordöstliche Sibirien konnte

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	-44	-20	+12	+24	+ 6	+10	+12
M-S-, SW-	-48	-17	+ 4	+23	+ 7	- 2	+16
Sibirien	-36	-19	+ 5	+ 20	+12	- 3	+ 5
	- 7	-62	+22	0	-16	-17	-17
Anzahl der negativen Werte	4	4	0	0	1	3	1
Anzahl der positiven Werte	0	0	4	3	3	1	3
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-100%	-100%				-75%	
			+100%	+75%	+75%		+75%

Tabelle (32)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t) - c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für M-S-, SW-Sibirien.

Zonaler Strömungsfall.

Ich 15 Termine finden, an denen sich eine Antizyklone im 500 mb-Niveau befand. Die für diese Termine berechneten Koeffizienten sind in der Tabelle (33) aufgeführt.

$w_2 c_2(t)$  mit 93 % und  $w_3 c_3(t)$  mit 100 % negativen Werten passen gut in das bisher gewonnene Bild. Der sechste ist der letzte Koeffizient, der in dieser Darstellung 80 % gleiche Vorzeichen aufweist.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$
	-26	-18	- 8	+13	-22	-10	- 4
	-22	-25	- 4	+ 5	-19	- 4	+ 3
	-28	-28	+ 9	+17	-30	-13	- 7
	-41	-33	- 3	+22	-36	-12	+ 1
	+20	- 2	+ 3	- 4	- 8	0	- 7
	-10	-12	+ 3	-12	0	- 2	- 7
M-N-, NO-	- 3	-16	- 3	+ 7	+36	+ 6	+ 7
Sibirien	- 9	-18	0	- 4	+19	+ 4	+ 3
	-48	- 4	-16	+ 6	-50	- 3	-17
	-47	- 2	- 5	+ 7	-52	- 3	-18
	-41	- 6	- 3	+13	-43	+ 3	- 5
	-23	-34	+ 4	-16	-22	-23	- 9
	-20	-37	+ 9	-12	-23	-17	-18
	-12	-41	+11	- 9	-20	-23	-23
	- 9	-50	+22	- 4	-13	-22	-22
Anzahl der negativen Werte	14	15	7	7	12	11	11
Anzahl der positiven Werte	1	0	7	8	2	3	4
Prozentuale Vorzeichen- verteilung	-93%	-100%	+46%	+53%	-80%	-73%	-73%

Tabelle (33)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)-c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für M-N-, NO-Sibirien.

Zonaler Strömungsfall.

In der Tabelle (34) wird zugleich das letzte Gebiet beschrieben, das hohe Geopotentialwerte beim zonalen Strömungssystem aufwies. Es handelt sich hierbei um den Nordost-Pazifik.

Die prozentuale Vorzeichenverteilung hatte folgende Form:  
 $w_2c_2(t)$  und  $w_3c_3(t)$  sind zu 100 % negativ, während für  $w_4c_4(t)$  und  $w_5c_5(t)$  jeweils nur positive Werte errechnet.

Termine mit hohem Geopotential über folgenden

Gebieten	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
	-48	-17	+ 4	+23	+ 7	- 2	+16
NO-Pazifik	-36	-19	+ 5	+20	+12	- 3	+ 5
	-42	-13	+32	+32	o	+ 8	- 3
Anzahl der negativen Werte	3	3	o	o	o	2	1
Anzahl der positiven Werte	o	o	3	3	2	1	2
Prozentuale Vorzeichenverteilung	-100%	-100%				-66%	
			+100%	+100%	+66%		+66%

Tabelle (34)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten  $c_2(t)$ - $c_8(t)$  der nat. Orthogonalfunktionen für NO-Pazifik. Zonaler Strömungsfall

wurden. Für die verbleibenden Koeffizienten  $w_6 c_6(t)$ ,  $w_7 c_7(t)$  und  $w_8 c_8(t)$  liegt die Vorzeichenverteilung unter 75 %.

In den Tabellen (35,36) sind die Ergebnisse in vereinfachter Form wiedergegeben. Es wurden hier nur Vorzeichen berücksichtigt, die in mehr als 75 % der Termine auftraten.

Wie schon bei der Untersuchung der " $b_2(t) < -286$  gpm Termine" festgestellt wurde, drückt der 2. Koeffizient der natürlichen Orthogonalfunktionen die Art der tatsächlichen aufgetretenen Strömung aus. Der 2. Koeffizient ist also ein Maß für den zonalen oder stärker meridional geprägten Strömungscharakter. Den Beobachtungen der Tabellen (8-15) mit den Eintragungen für Gebiete zonaler Strömung und hohen Windgeschwindigkeiten ist leicht zu entnehmen, daß es sich hier um eine Zirkulationsform handelt, die in der Literatur (21,22) als "high-index" Lage bezeichnet wird. Stellvertretend für diese Darstellung soll der 16.2.1967 sein. Dieser Tag ist geprägt durch hohe zonale Windgeschwindigkeiten über weiten Teilen der Nordhalbkugel (siehe Wet-

Tabelle (35)

Prozentuale Häufigkeit von positiven oder negativen

Koeffizienten bei meridionalen Wetterlagen mit  $b_2(t) > -222$  gpm.

Es wurden ausschließlich nur Termine berücksichtigt, die in 75 % der Termine auftraten

aus Tab.	$w_2c_2(t)$	$w_3c_3(t)$	$w_4c_4(t)$	$w_5c_5(t)$	$w_6c_6(t)$	$w_7c_7(t)$	$w_8c_8(t)$	Gebiete mit "Rücken" in 500 mb über
17	+ 80 %		-100 %	- 80 %	- 80 %	- 80 %	+ 80 %	M-N-,NO-Pazifik
18		+100 %	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %	+100 %	SO-Pazifik
19	+100 %		-100 %	-100 %				N-,NO-Kanada
20	+ 88 %	+ 88 %	- 77 %				+100 %	Davisstr., S-Grönland, NW-,N-,M-N-Atlantik
16	+100 %	- 77 %	-100 %	-100 %	- 77 %			M-O-,O-,SO-Atlantik
21	+ 75 %	+ 75 %			- 75 %		+100 %	SO-,O-Europa
22	+100 %	+ 75 %	-100 %	-100 %			+100 %	M-S-,SW-Sibirien, Kasp. Meer, M-S-Ural
23	+100 %		- 77 %	- 77 %	- 77 %			N-,NW-Ural, N-NW-Sibirien, Barentsee, Karasee, Nowaja-,Sewernja- Semlja
24	+100 %		-100 %	- 91 %				NO-Sibirien, SW-,W-Alaska, Beringmeer



Tabelle (36)

Prozentuale Häufigkeit von positiven oder negativen Koeffizienten bei zonalen Wetterlagen mit  $b_2(t)$  -286 gpm.

Es wurden nur Vorzeichen berücksichtigt, die in mehr als 75 % der Termine auftraten.

aus Tab.	$w_2^{c_2}(t)$	$w_3^{c_3}(t)$	$w_4^{c_4}(t)$	$w_5^{c_5}(t)$	$w_6^{c_6}(t)$	$w_7^{c_7}(t)$	$w_8^{c_8}(t)$	Gebiete mit "Rücken" in 500 mb über
25	- 93 %	- 86 %		+ 75 %	- 81 %			Alaska, Beaufort- see, Beringstr., Beringmeer
26	-100 %	-100 %		+100 %	- 83%	- 83%		SW-,W-Amerika, Mexico
27	-100 %	-100 %	+100 %			-100 %		M-N-Kanada
28	-100 %		+100 %	+100 %	- 75 %	- 75 %	- 75 %	Dänemarkstr., O-,SO-Grönland, Island
29	-100 %	- 86 %		+100 %	- 93 %			N-,NO-Europa
30	-100 %	-100 %	+100 %		-100 %	-100 %		SO-Atlantik, SW-Europa
31	-100 %	- 83 %	+ 75 %	+ 83 %	- 75 %	- 75 %		SO-,O-Europa mit Ukraine
32	-100 %	-100 %	+100 %	+ 75 %	+ 75 %	- 75 %	+ 75 %	M-S-,SW-Sibirien
33	- 93 %	-100 %			- 80 %			M-N-,NO-Sibirien
34	-100 %	-100 %	+100 %	+100 %				NO-Pazifik

terkarten). Wie in vielen anderen untersuchten Fällen gibt der 2. Koeffizient an diesem Tage mit hohen negativen Werten den geschilderten Zusammenhang wieder. Die erste Entscheidung fällt also mit dem Vorzeichen von  $c_2(t)$ . Wenn wir uns die weitere Vorzeichenverteilung ansehen, so können wir für gewisse Gebiete der Nordhalbkugel ähnliches Verhalten der Koeffizienten feststellen. Um nun die Aussagekraft voll auszuschöpfen, können wir die anfängliche Unterscheidung in neun Gebiete nochmals reduzieren. Vereinfacht erhalte ich so drei verschiedene Koeffizientenkombinationen, die nachfolgend diskutiert werden.

Wenn wir uns die in Tabelle (35,36) aufgeführten Gebiete in Hinblick auf gleiches Vorzeichenverhalten der Koeffizienten ansehen, so finden wir dieses für  $c_2(t)$  in allen Fällen, für  $c_3(t)$  in neun,  $c_6(t)$  in acht,  $c_5(t)$  in sieben und  $c_7(t)$  in sechs Fällen.  $c_8(t)$  weist keine mehrfach gleichen Vorzeichen auf.

Anzahl der gleichen Vorzeichenverteilung für die Koeffizienten  $c_2(t) - c_8(t)$ , aufgeteilt in zonale und meridionale Strömung

	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
Zonaler Fall:							
10 verschiedene Gebietseint.	10-	9-	6+	7+	8-	6-	1+
Meridionaler Fall:							
9 verschiedene Gebietseint.	8+	4+	8-	7-	5-	2-	5+

Große Übereinstimmung finden wir in den Vorzeichen der Koeffizienten für Ost- und Südost-Europa, dem mittleren-südlichen und südwestlichen Sibirien sowie dem Nordost-Pazifik. Für diese Gebiete sind die ersten vier Koeffizienten im Vorzeichen gleich. Hier sind  $c_2(t)$  und  $c_3(t)$  negativ, während  $c_4(t)$  und  $c_5(t)$  positiv sind. Aus der weiter unten aufgeführten Tabelle werden die feineren Unterschiede schnell deutlich. Während nämlich für den Nordost-Pazifik mit den Koeffizienten  $c_2(t) - c_5(t)$  die Lage der Antizyklone erklärt ist, können wir für den südosteuropäischen

und südwestsibirischen Raum die Entscheidung mit dem sechsten Koeffizienten fällen. Ist  $c_6(t)$  nämlich negativ, so finden wir hohe Geopotentialwerte für SO-, O-Europa; ist dagegen  $c_6(t)$  positiv, so liegt ein "Rücken" über dem M-S-, SW-Sibirien.

Tab.	Gebiete mit "Rücken"	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
31	SO-, O-Europa	-	-	+	+	-	-	o
32	M-S-, SW-Sibirien	-	-	+	+	+	-	+
34	NO-Pazifik	-	-	+	+	o	o	o

-: = negativ

+: = positiv

o: = keine Angabe, da gleiche Vorzeichen in weniger als 75 % der untersuchten Fälle

Die in den Tabellen (25,26) und (29) betrachteten Gebiete, also Alaska, Beaufortsee, Beringstr., Beringmeer, Südwest- und West-Amerika sowie Nord- und West-Europa weisen jeweils dann einen "Rücken" über den genannten Gebieten auf, wenn  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$ ,  $c_6(t)$  negativ und  $c_5(t)$  positiv sind.

Die folgende tabellarische Darstellung zeigt dieses auf einen Blick:

aus Tab.	Gebiete mit "Rücken"	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
25	Alaska, Beaufortsee, Beringmeer, Beringstr.	-	-	o	+	-	o	o
26	SW-, W-Amerika	-	-	o	+	-	-	o
29	N-, NO-Europa	-	-	o	+	-	o	o

Für die nächste Koeffizientenkombination können wir in einem Fall nur 3 aussagekräftige Koeffizienten benutzen, denn wie aus Tabelle (33) ersichtlich ist, liegen nur  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$  und  $c_6(t)$  oberhalb der 75 % Grenze für gleiche Vorzeichen. Im Gegensatz zum obigen Fall ist dieses Mal  $c_4(t)$  von besonderer

Bedeutung und nicht  $c_5(t)$ . Diese Koeffizientenverteilung erhalten wir für Antizyklogen über dem mittleren-nördlichen Kanada sowie dem südöstlichen Atlantik und Südwest-Europa.

aus Tab.	Gebiete mit "Rücken"	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
27	M-N-Kanada	-	-	+	o	o	-	o
30	SO-Atlantik, SW-Europa	-	-	+	o	-	-	o
33	M-N-,NO-Si- birien	-	-	o	o	-	o	o

Ähnlich wie für die zonalen, werde ich auch für die meridionalen Wetterlagen den wesentlichen Unterschied in der Bedeutung der Koeffizienten herausstellen. Anschließend werde ich zeigen, daß auch für diese Termine durch geeignete Koeffizientenkombination eine Reduktion der untersuchten Gebiete gelingt.

Bis auf eine Ausnahme, es handelt sich um den Südostpazifik, sind sämtliche zweiten Koeffizienten positiv. Die Abbildung (19) ruft noch einmal in Erinnerung, wie klar der zweite Koeffizient die Wetterlagen in zonale und meridionale unterteilt. Die positiven Werte von  $c_2(t)$  zeigen uns also, daß wir es hier mit einem Zirkulationstyp zu tun haben, der über weiten Teilen der Nordhalbkugel keine West-Ost gerichtete Strömung aufweist, sondern von starken Nord-Süd, Süd-Nord gerichteten Strömungen geprägt ist; zeitweise können wir sogar eine vollkommen entgegengesetzte Windrichtung feststellen, die dann von Ost nach West zeigt. Als Beispiel für diesen Fall der meridionalen Strömung, der auch als "low-index", Lit. (21,22), gezeichnet wird, soll uns der 29.12.68 dienen, siehe meteorologische Beschreibung, Tab. 4.

Nachdem nun der zweite Koeffizient der natürlichen Orthogonalfunktion hinlänglich interpretiert wurde, will ich die Bedeutung der folgenden Koeffizienten aufzeigen. Für vier aufeinanderfolgende Koeffizienten, nämlich  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$ ,  $c_4(t)$  und  $c_5(t)$  können wir ähnliche Vorzeichen feststellen.

Hiermit können wir die Lage von hohen Geopotentialwerten für den mittleren nördlichen und den nordöstlichen Pazifik; Nord- und Nordost Kanada; Nord-, Nordwest- Ural; Nord- und Nordwest-Sibirien mit Karasee; Nowaja-, Sewernaja-Semlja sowie Nordost-, Ost-Sibirien; Südwest- und West-Alaska mit Beringmeer beschreiben. Die Entscheidung, über welchen Gebieten tatsächlich hohe Geopotentialwerte auftraten, fällt mit den nächsten Koeffizienten. Für den mittleren-nördlichen und Nordost-Pazifik sind zusätzlich  $c_6(t)$  und  $c_7(t)$  negativ sowie  $c_8(t)$  positiv.

Der "Rücken" über N-, NO-Kanada sowie über NO-, O-Sibirien, SW-, W-Alaska und Beringmeer scheint mit dem zweiten, vierten und fünften Koeffizienten bestimmt zu sein.

Für den nordwestsibirischen Raum wird neben  $c_2(t)$ ,  $c_4(t)$ ,  $c_5(t)$  noch  $c_6(t)$  benötigt; dieser Koeffizient ist negativ. Die weiter unten aufgeführte Übersicht zeigt die Vorzeichenverteilung für die eben besprochenen Gebiete.

aus Tab.	Gebiete mit "Rücken"	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
17	M-N-,NO-Pazifik	+	o	-	-	-	-	+
19	N-,NO-Kanada	+	o	-	-	o	o	o
23	N-,NW-Ural, N-,NW-Sibirien, Barentsee, Karasee, Nowaja-, Sewernaja-Semlja	+	o	-	-	-	o	o
24	NO-,O-Sibirien, SW-,W-Alaska, Beringmeer	+	o	-	-	o	o	o

Wenn wir uns die weiteren Gebiete ansehen, die auch ähnliche Koeffizientenkombinationen aufweisen, so fällt sogleich der dritte Koeffizient auf, der für folgende Gebiete positiv ist: Davisstr., den nordwestlichen, nördlichen sowie den mittleren-nördlichen Atlantik, Südost- und Ost-Europa sowie das mittlere-südliche, südliche, südwestliche Sibirien, den

mittleren-südlichen Ural und das Kaspische Meer. Die weitere Zuordnung entscheidet sich für die Davisstr., S-Grönland sowie dem NW-,N-,M-N-Atlantik mit dem vierten und achten Koeffizienten. Während der vierte Koeffizient negativ ist, ist der achte an allen Terminen positiv. Ob ein "Rücken" über SO- und Ost-Europa liegt, erkennen wir mit dem sechsten und achten Koeffizienten.  $c_6(t)$  muß negativ und  $c_8(t)$  positiv sein. Für das M-S-,SW-Sibirien, das Kaspische Meer sowie den M-S-Ural sind  $c_2(t)$  und  $c_3(t)$  natürlich auch positiv, jedoch sind nun  $c_4(t)$  und  $c_5(t)$  negativ,  $c_8(t)$  positiv. Auf einen Blick sieht es folgendermaßen aus:

aus Tab.	Gebiete mit "Rücken"	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
20	Davisstr., S-Grönland, NW-,N-,M-N-Atlantik	+	+	-	o	o	o	+
21	SO-,O-Europa	+	+	o	o	-	o	+
22	M-S-,SW-Sibirien, Kasp. Meer, M-S-Ural	+	+	-	-	o	o	+

Als letztes Gebiet werde ich den mittleren-östlichen und süd-östlichen Atlantik besprechen.  $c_2(t)$  ist natürlich wieder positiv, dokumentiert der Koeffizient doch die meridionale Strömung. Dagegen wechselt nun das Vorzeichen des dritten Koeffizienten. Außerdem erhalten wir für die untersuchten Termine auch bei den Koeffizienten  $c_4(t)$ ,  $c_5(t)$  und  $c_6(t)$  negative Werte.

aus Tab.	Gebiete mit "Rücken"	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
16	M-O-,O-,SO-Atlantik	+	-	-	-	-	o	o

# VIII. DIE KOEFFIZIENTEN DER NÖRDLICHEN ORTHOGONALFUNKTIONEN BEI VERTIKAL HOCHREICHENDEN ANTIZYKLONEN ÜBER N-,NO- EUROPA

Für das Wetter in Norddeutschland sind vertikal hochreichende Antizyklogen über Nord- und Nordost-Europa von besonderer Bedeutung, da sie entscheidenden Einfluß auf unser Gebiet nehmen. Nachdem im vorigen Kapitel versucht wurde, mit Hilfe der objektiven Terminauswahl unter anderem die Bedeutung der Koeffizienten blockierender Antizyklogen über Nord- und Nordost-Europa zu klären, habe ich zusätzlich folgenden Weg eingeschlagen:

Der gesamte Zeitraum, also jeweils die Wintermonate Dezember, Januar, Februar von 1966 bis 1972 wurden anhand der täglichen Wetterkarten des DWD nach vertikal hochreichenden Antizyklogen über dem nördlichen und nordöstlichen Europa untersucht. Dabei habe ich zehn Termine gefunden, die in Tabelle (37) mit ihrer Koeffizientenvorzeichenverteilung aufgeführt sind. Wenn wir uns die prozentuale Vorzeichenverteilung ansehen und diese mit jener der Tabelle (29) vergleichen, so ist die starke Ähnlichkeit doch offensichtlich. Wegen der besseren Vergleichsmöglichkeit habe ich sie beide nochmals aufgeführt.

Prozentuale Vorzeichenverteilung für Antizyklogen  
über N-,NO-Europa

	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
$b_2(t)$ -286 gpm Termine	-100%	- 86%	+ 60%	+100%	- 95%	- 73%	- 53%
Termine aus täglichen Wetterkarten	-100%	- 80%	- 50%	+ 80%	- 90%	+ 80%	- 50%

Die Punktwolkendarstellungen der Koeffizienten  $c_2(t)$  bis  $c_8(t)$  Abb. (15-21) bestätigen die Ergebnisse, die wir schon bei der Auswahl der " $b_2(t)$ -286 gpm Termine" gefunden hatten. Zusätzlich bieten die Abbildungen (15) bis (21) die gesamte Streubreite der untersuchten Terme. Deutlich fallen die stark negativen Werte von  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$  und  $c_6(t)$  auf, während der fünfte Koeffizient den positiven Trend erkennen läßt.

Aus täglichen Wetterkarten des DWD gewonnene Termine mit hohen Geopotentialwerten über M-N; N-,NO-Europa

Termin	$w_2 c_2(t)$	$w_3 c_3(t)$	$w_4 c_4(t)$	$w_5 c_5(t)$	$w_6 c_6(t)$	$w_7 c_7(t)$	$w_8 c_8(t)$
29. 2.68	-12	-38	-17	+42	-16	-10	-18
4.12.68	-57	+ 8	+ 3	-14	-23	-14	- 5
8.12.68	-38	+10	+10	- 2	-39	-23	-13
14. 1.72	-33	-30	-10	+10	-16	+22	+ 9
15. 1.72	-40	-35	-12	+ 9	-36	+ 8	+ 7
16. 1.72	-47	-21	-11	+ 1	-36	+11	+ 5
21.12.72	-33	-42	0	+ 8	-31	- 2	- 9
12. 1.73	-53	-23	-18	+28	-18	-18	+12
17. 1.67	-29	-31	+36	+22	+20	+12	- 7
30.12.71	-28	-30	+33	+10	-22	+16	+18
Anzahl der negativen Werte	10	8	5	2	9	5	5
Anzahl der positiven Werte	0	2	4	8	1	5	5
Prozentuale Vorzeichenverteilung	-100%	-80%	-50%	+80%	-90%	+50%	+50%

Tabelle (37)

Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten des DWD.

Die Koeffizienten  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$ ,  $c_5(t)$  und  $c_6(t)$  haben hier-nach große Aussagekraft. Während  $c_2(t)$  in beiden Fällen den zonalen Strömungscharakter mit ausschließlich negativen Werten zum Ausdruck bringt, finden wir auch für den dritten Koeffizienten gute Übereinstimmung.

Für die " $b_2(t) < -286$  gpm Termine" ergeben sich zu 86 % negative Werte; für die aus den Wetterkarten gewählten Termine ist  $c_3(t)$  zu 80 % negativ. Auffallend ist die geringe Aus-



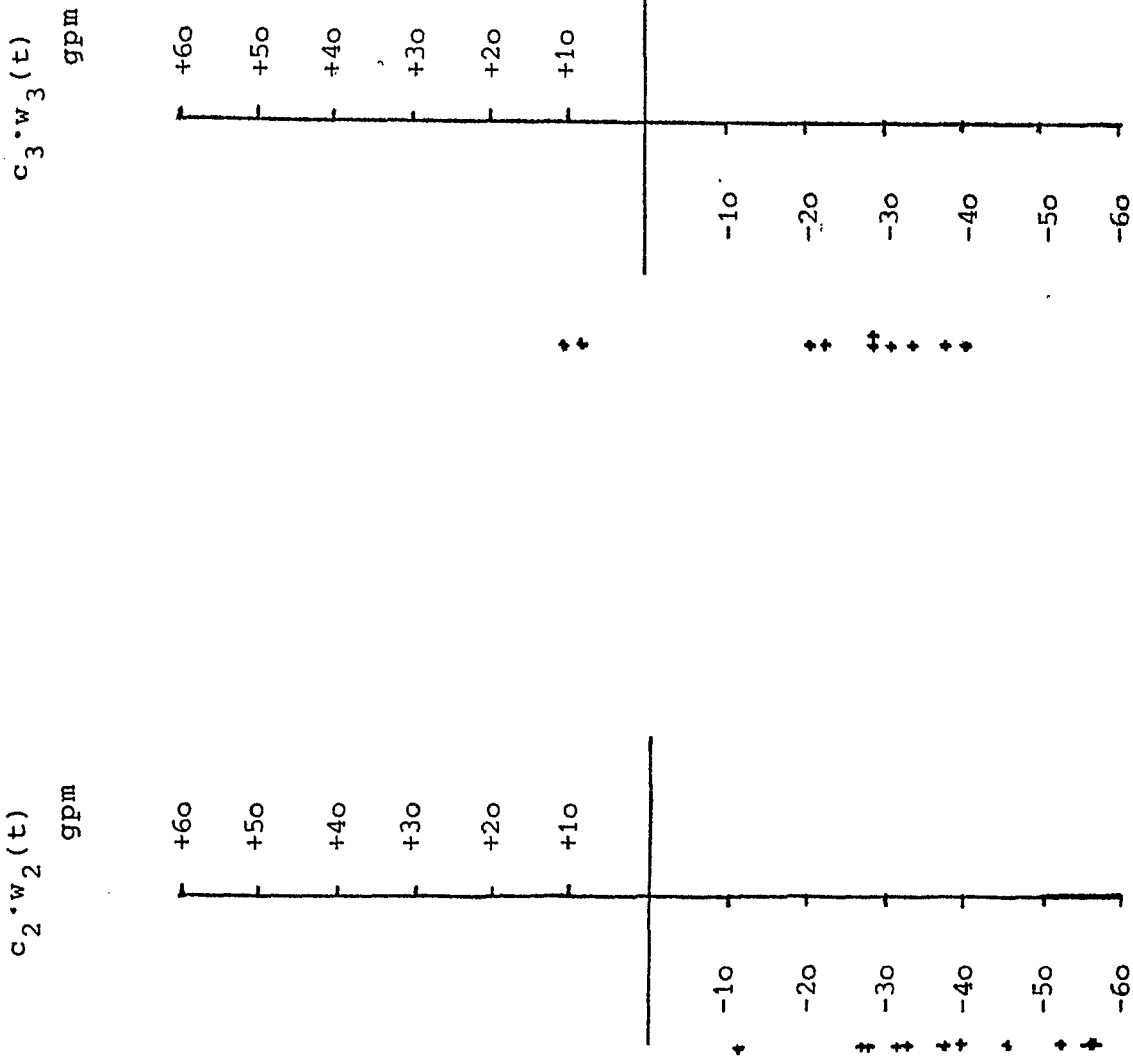


Abb. 16

Abb. 17

Punktvolkendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten.

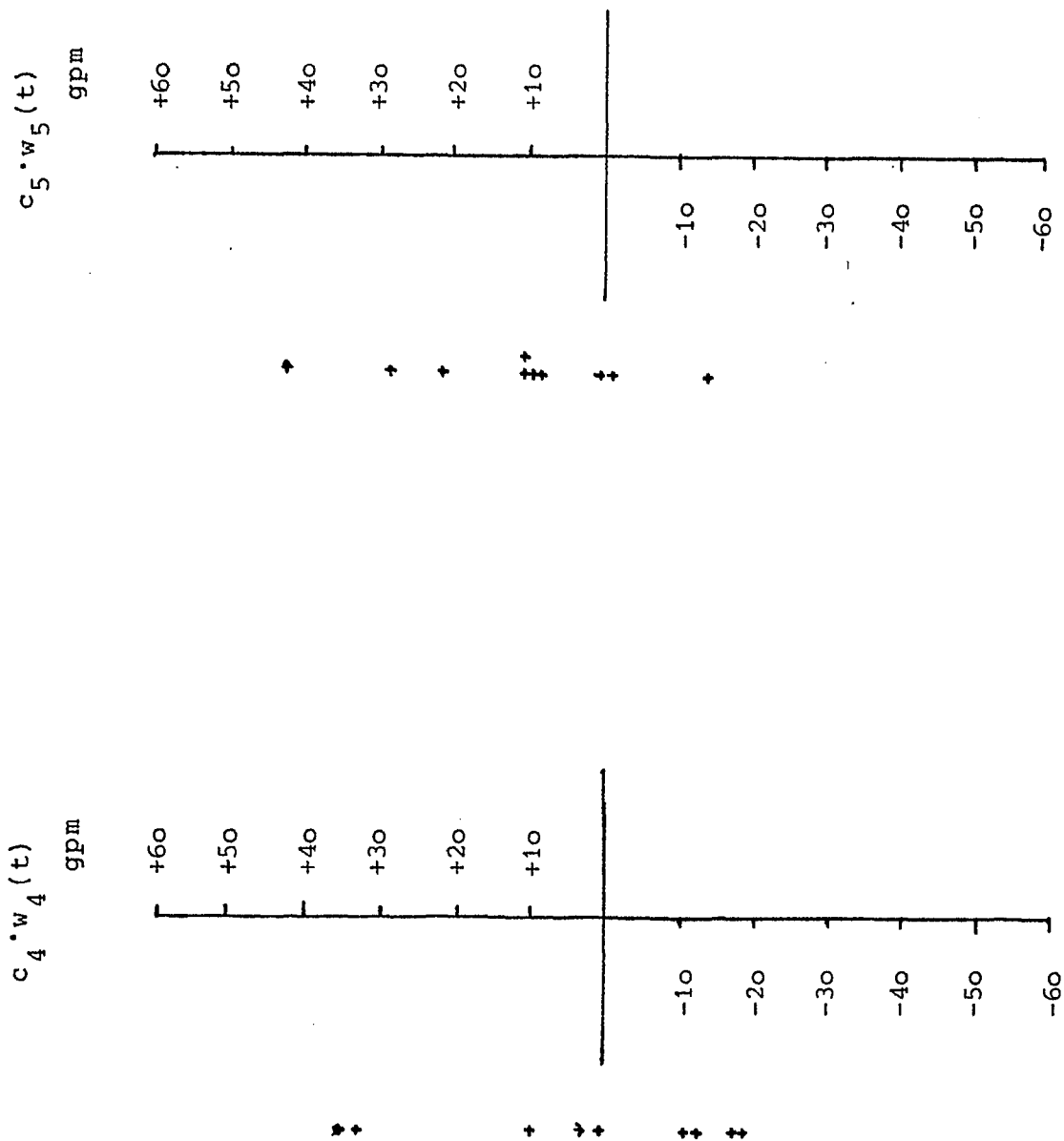


Abb. 18

Abb. 19

Punktwolkendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten.

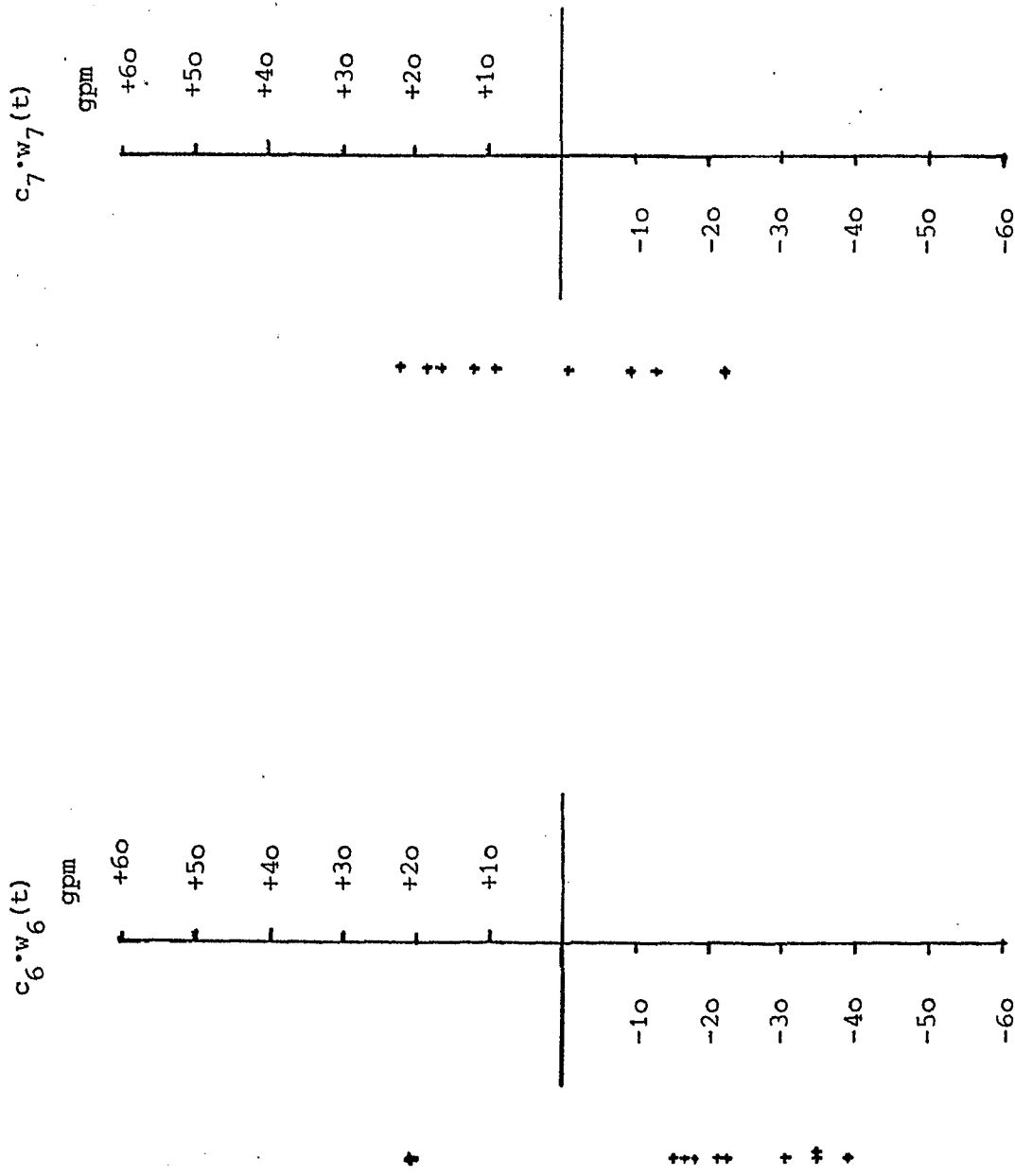
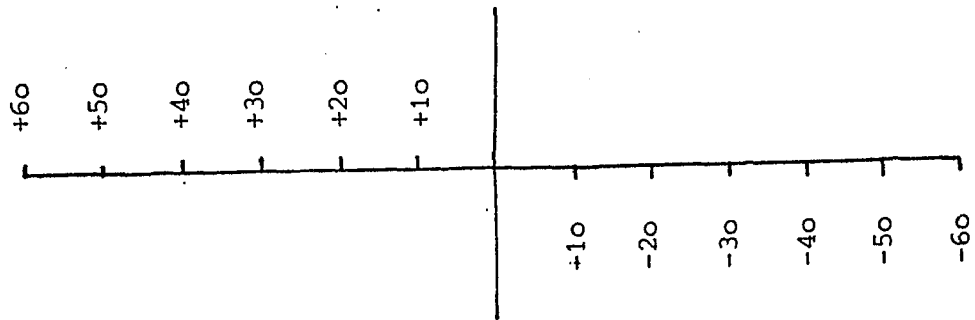


Abb. 21

Abb. 20

Punktwolkenanstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten.

$c_g \cdot w_g(t)$   
gpm



+  
+  
+  
+  
+  
+  
+  
+  
+  
+

Abb. 22

Punktvolkendarstellung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten.

sagekraft des vierten Koeffizienten, die wir für beide Fälle feststellen können. Die Bedeutung des fünften Koeffizienten wird mit übereinstimmend positiven Werten für die " $b_2(t) < -286$  gpm Termine" und zu 80 % positiven Werten für die Wetterkartentermine klar. Eindrucksvoll sind auch die Vorzeichenwechsel beim sechsten Koeffizienten; zu 90 % beziehungsweise 95 % negative Werte bringen dieses deutlich zum Ausdruck. Abschließend kann man zu dieser Untersuchung sagen, daß der größte Teil Mitteleuropas unter dem Einfluß des nord-, nordosteuropäischen "Rückens" liegt, wenn die Koeffizienten  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$ ,  $c_6(t)$  negativ und  $c_5(t)$  positiv sind. Die Auswirkungen dieser Wetterlage sind im Winter eine niederschlagsarme, störungsfreie Hochdrucklage mit niedrigen Temperaturen. -

Im folgenden Abschnitt soll geklärt werden, was geschieht, wenn man gewisse Geopotentialfelder mit der 1. natürlichen Orthogonalfunktion kombiniert.

#### IX. SYNTHETISCH ERZEUGTE GEOPOTENTIALFELDER ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ERGEBNISSE

Wie in der Theorie der natürlichen Orthogonalfunktionen angesprochen wurde, erhalten wir für jeden Tag, genauer für jeden Radiosondenaufstieg, das tatsächliche Geopotentialfeld, wenn wir unsere 79 Reihenglieder addieren. Jedes Reihenglied besteht aus einem zeitabhängigen Teil, nämlich dem Koeffizienten  $c_k(t)$  und dem ortsabhängigen Teil, der natürlichen Orthogonalfunktion  $P_1(\phi, \lambda)$ . Ich habe mir nun Geopotentialfelder erzeugt, indem ich zu der 1. natürlichen Orthogonalfunktion die folgenden sieben also  $P_2 \dots P_8(\phi, \lambda)$  addiert beziehungsweise subtrahiert habe wobei zunächst jeweils nur mit einer natürlichen Orthogonalfunktion kombiniert wurde.

Mathematisch hatte dieses, einfach ausgedrückt, folgende Form:

$$\begin{aligned}
 &P_1(\phi, \lambda) + c_2(t) P_2(\phi, \lambda) \\
 &P_1(\phi, \lambda) + c_3(t) P_3(\phi, \lambda) \\
 &P_1(\phi, \lambda) + c_4(t) P_4(\phi, \lambda) \\
 &P_1(\phi, \lambda) + c_5(t) P_5(\phi, \lambda) \quad \text{mit } c_{2\dots 8}(t) = \pm 1, \pm 2, \pm 3; \\
 &P_1(\phi, \lambda) + c_6(t) P_6(\phi, \lambda) \\
 &P_1(\phi, \lambda) + c_7(t) P_7(\phi, \lambda) \\
 &P_1(\phi, \lambda) + c_8(t) P_8(\phi, \lambda)
 \end{aligned}$$

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurde schon darauf hingewiesen, daß wegen der Fouriereigenschaft die Reihenglieder mit wachsendem Index abnehmende Bedeutung haben; dieses zeigt sich auch bei den ausgeführten Kombinationen. Die 2. natürliche Orthogonalfunktion verstärkt die Tröge, die schon bei der ersten, dem  $P_1(\phi, \lambda)$ , Abb. (23), auftraten, wenn sie positive " $c_k(t)$ " hat und wirkt kompensierend, wenn  $c_k(t)$  negativ wird, siehe Abb. (24-29). In der Tabelle (38 a,b,c) sind die Ergebnisse vereinfacht zusammengefaßt.

Positive  $c_k(t)$  erzeugen für  $P_3(\phi, \lambda)$  einen "Rücken" über dem nördlichen Atlantik, vor allem über Grönland, außerdem entsteht er auch über dem mittleren und nördlichen Pazifik, während über NW- und NO-Amerika, dem M- und N-Europa sowie Ochotskischen Meer das Geopotential minimal wird.

$P_3(\phi, \lambda)$  multipliziert mit negativen  $c_k(t)$ , erzeugt über dem SO-Atlantik, W-Sibirien und dem O-Pazifik einen Rücken, während NO-Amerika, NO-Asien und NW-Pazifik jeweils einen Trog aufweisen. Weitere Erläuterungen sind der Tabelle (38 a,b,c) sowie den Abbildungen (24-37) zu entnehmen.

Um die eben geschilderten Ergebnisse zu überprüfen, habe ich sämtliche Koeffizienten auf Übereinstimmung mit den Geopotentialfeldern verglichen, die ich mit dem in VI. und VII.1 durchgeführten Verfahren erhielt.

In den Tabellen (39) und (40) sind nochmals die Vorzeichenverteilung für die Gebiete mit zonaler und meridionaler Strömung aufgeführt. Dabei sind jene Vorzeichen besonders gekennzeichnet, für die sich eine Übereinstimmung mit den "synthetischen Wetterlagen" ergab.

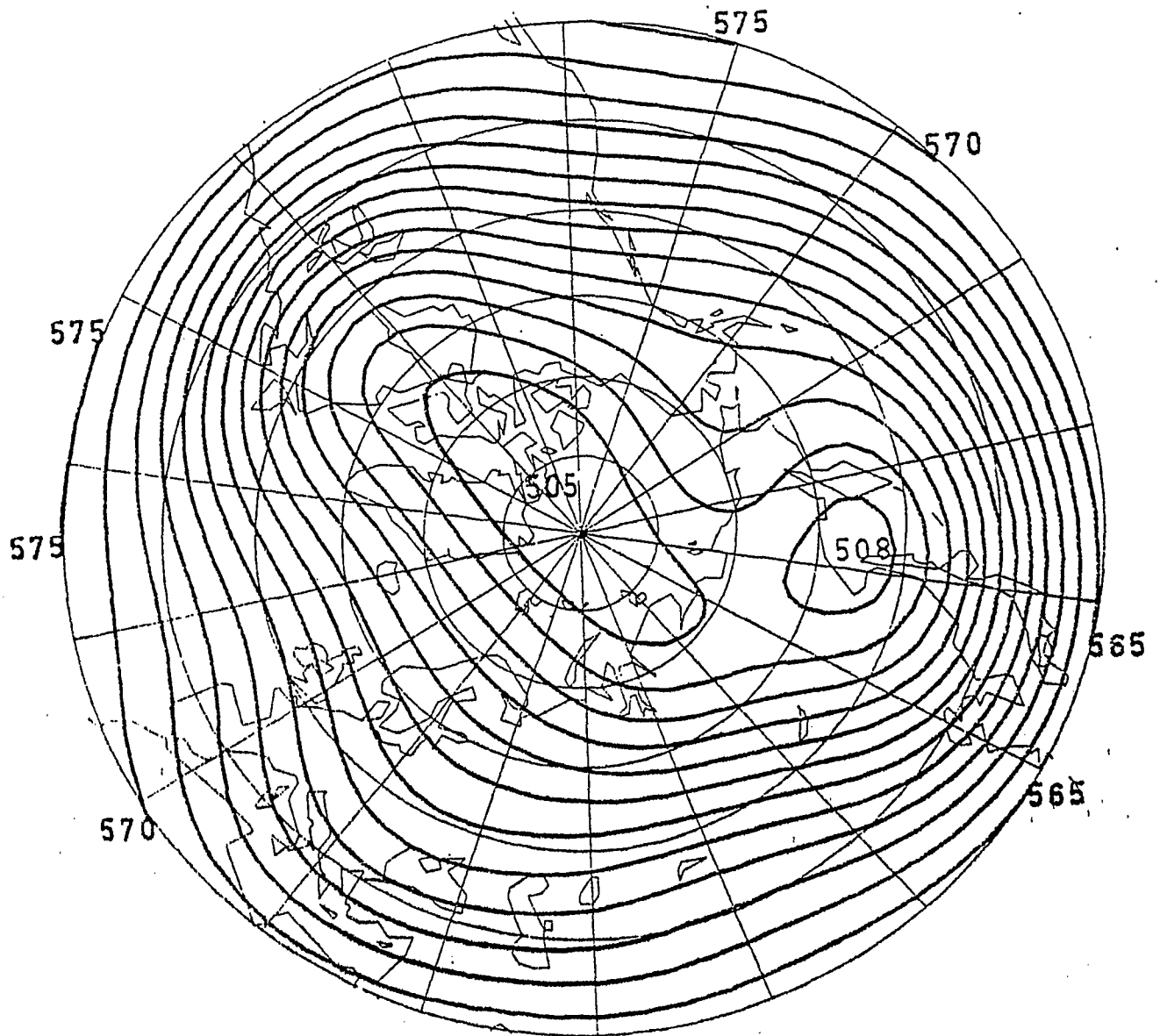


Abb. 23

1. nat. Orthogonalfunktion  $P_1(\phi, \lambda)$  der 500-mb-Fläche  
für den Winter (Dezember, Januar, Februar), aufgelöst  
bis zur Wellenzahl: 12 in 10 gpm,  
entnommen H. FECHNER, Darstellung des Geopotentials der  
winterlichen Nordhalbkugel durch nat. Orthogonalfunktionen

Kombination von P <sub>1</sub> mit P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>6</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>8</sub> ;	Gebiete mit Rücken	Gebiete mit Trögen
P <sub>1</sub> + P <sub>2</sub>	W-Amerika, M-Atlantik, Ural, SW-Sibirien	NO-Amerika, M-N-Europa, NO-Sibirien, Ochotskisches Meer, M-N-Pazifik
P <sub>1</sub> + 2P <sub>2</sub>	W-Amerika, M-Atlantik, W-Sibirien	NO-Amerika, M-N, NO-Europa, Ochotskisches Meer, M-N-Pazifik
P <sub>1</sub> + 3P <sub>2</sub>	NW-Amerika, M-Atlantik W-Sibirien	NO-Amerika, M-N, NO-Europa, O-Asien, M-N-Pazifik
P <sub>1</sub> - P <sub>2</sub>	M-Europa, Alaska	NO-Amerika, NW-, M-SO-Sibirien, Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> - 2P <sub>2</sub>	M-Europa, N-Europa, Alaska (schwach), Beringstr.	M-, N-Atlantik, NO-Asien, Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> - 3P <sub>2</sub>	M-N-Europa, M-N-Pazifik, schwach Alaska	NW-Atlantik, NW-Sibirien, Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> + P <sub>3</sub>	NO-Atlantik, O-SO-Atlantik	NO-Amerika, NO-Europa (schwach) NO-Asien
P <sub>1</sub> + 2P <sub>3</sub>	N-, M-Atlantik, M-N-Pazifik	NW-, NO-Amerika, M-N-Europa, NO-Sibirien
P <sub>1</sub> + 3P <sub>3</sub>	Grönland, N-Atlantik, M-N-Pazifik	NW-Amerika, NO-Amerika, N-, M-Europa, Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> - P <sub>3</sub>	SO-Atlantik, W-Sibirien, O-Pazifik	NO-Amerika, NO-Europa, NO-Asien
P <sub>1</sub> - 2P <sub>3</sub>	SO-Atlantik, W-Sibirien, O-Pazifik	NO-Amerika, NO-Europa, NO-Asien, NW-Pazifik
P <sub>1</sub> - 3P <sub>3</sub>	SO-Atlantik, W-, SW-Sibiren, O-Pazifik	NO-Amerika, NO-Europa, NO-Asien, Beringstr., NW-Pazifik
P <sub>1</sub> + P <sub>4</sub>	O-, SO-Atlantik (schwach)	NO-Amerika, NO-Asien
P <sub>1</sub> + 2P <sub>4</sub>	O-, SO-Atlantik	NO-Amerika, NO-Europa, NO-Sibirien
P <sub>1</sub> + 3P <sub>4</sub>	SO-Atlantik, M-O-Atlantik	NO-Amerika, NO-Europa, Sibirien

Tabelle (38a)

Erzeugung synthetischer Wetterlagen durch Kombination von P<sub>1</sub>( $\phi, \lambda$ ) mit  
P<sub>2</sub>( $\phi, \lambda$ ) ... P<sub>8</sub>( $\phi, \lambda$ ) über der Nordhalbkugel



Kombination von P <sub>1</sub> mit P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>6</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>8</sub> ;	Gebiete mit Rücken	Gebiete mit Trögen
P <sub>1</sub> - P <sub>4</sub>	SW-Amerika	NO-Amerika, SO-Europa (schwach) Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> - 2P <sub>4</sub>	W-Amerika, O-Pazifik, M-Europa (schwach)	NO-Amerika, SO-Europa, Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> - 3P <sub>4</sub>	O-Pazifik, W-Amerika, M-Europa (schwach)	NO-Amerika, Ochotskisches Meer, M-N-Pazifik
P <sub>1</sub> + P <sub>5</sub>	O-Pazifik, W-Amerika	NO-Asien, NO-Amerika
P <sub>1</sub> + 2P <sub>5</sub>	O-Pazifik, W-, SW-Amerika	NO-Amerika, NO-Asien, Beringmeer
P <sub>1</sub> + 3P <sub>5</sub>	W-, SW-Amerika, O-Pazifik	NO-Amerika, NO-Asien, Beringmeer
P <sub>1</sub> - P <sub>5</sub>	SO-Atlantik, W-Sibirien (schwach)	N-Amerika, NO-Europa (schwach) NO-Asien
P <sub>1</sub> - 2P <sub>5</sub>	SO-Atlantik, W-Sibirien, M-Pazifik, Beringmeer	N-Amerika, NO-Europa, NO-Asien
P <sub>1</sub> - 3P <sub>5</sub>	SO-Atlantik, W-Sibirien, M-Pazifik, Beringmeer	N-Amerika, NO-Europa, NO-Asien, Ochotskisches Meer
P <sub>1</sub> + P <sub>6</sub>	NO-, O-Pazifik, O-Atlantik	NO-Amerika, O-Europa, NO-Asien
P <sub>1</sub> + 2P <sub>6</sub>	NO-Pazifik, Alaska, O-Atlantik	NO-Amerika, O-Europa, NO-Asien
P <sub>1</sub> + 3P <sub>6</sub>	O-, NO-Pazifik, NW-Amerika, O-, N-Atlantik, SO-Atlantik, M-Sibirien (schwach)	NO-Amerika, Skandinavien, SO-Sibirien, Mandschurei, Ochotskisches Meer, NW-Pazifik
P <sub>1</sub> - P <sub>6</sub>	SW-Amerika	NW-, NO-Amerika, NO-Asien
P <sub>1</sub> - 2P <sub>6</sub>	M-W-Amerika, M-O-Europa	NW-, NO-Amerika, NO-Asien
P <sub>1</sub> - 3P <sub>6</sub>	M-O-Europa	NW-, NO-Amerika, N-, NO-Sibirien

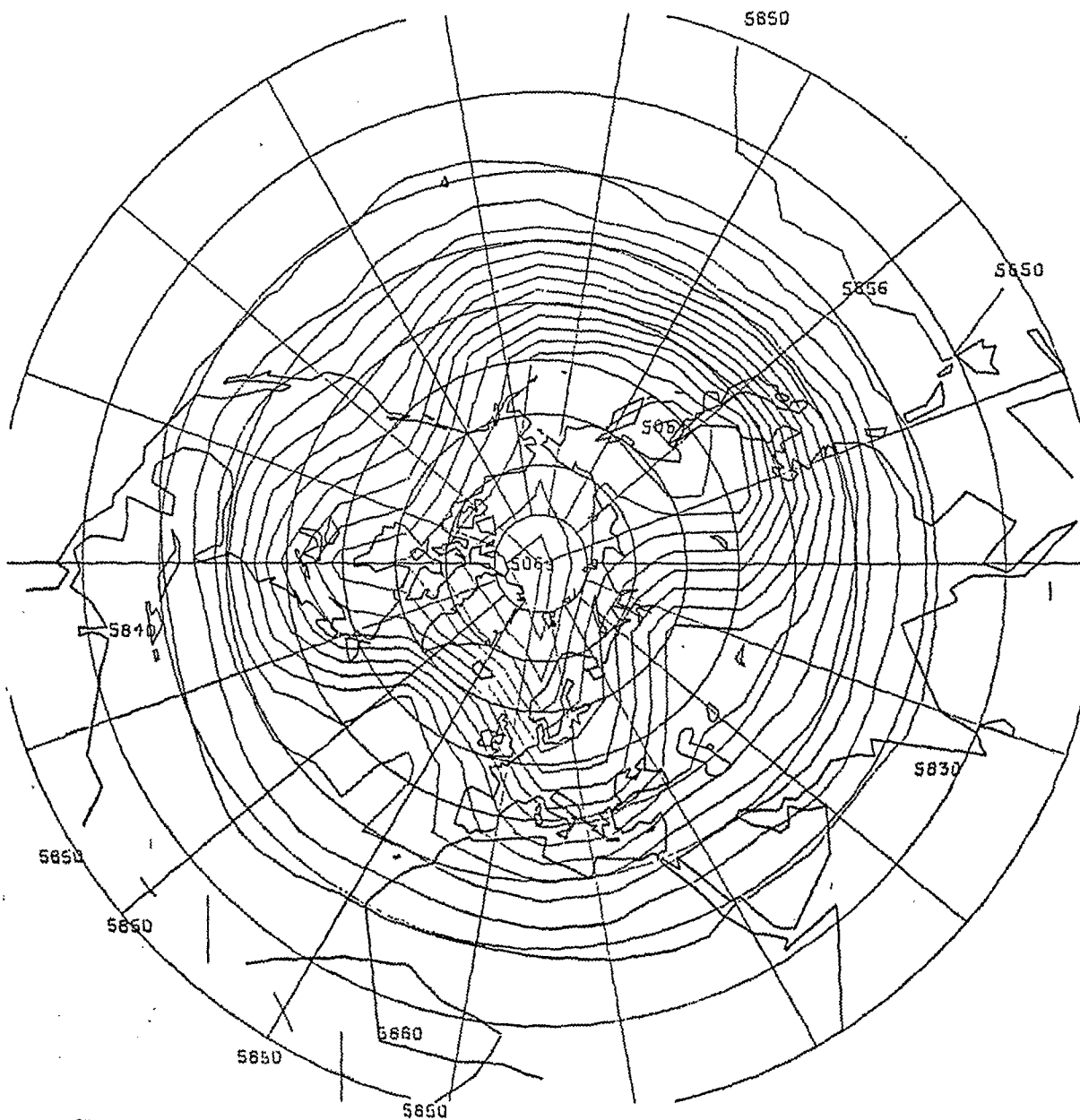
Tabella (38b)

Erzeugung synthetischer Wetterlagen durch Kombination von  $P_1(\phi, \lambda)$  mit  
 $P_2(\phi, \lambda) \dots P_8(\phi, \lambda)$  über der Nordhalbkugel

Kombination von $P_1(\phi, \lambda)$ mit $P_2(\phi, \lambda)$ ... $P_8(\phi, \lambda)$	Gebiete mit "Rücken"	Gebiete mit "Trögen"
$P_1 + P_7$		NO-Sibirien
$P_1 + 2P_7$	NO-Pazifik, Alaska, NW-Amka, N-Skandinavien	NO-Amerika, Ochotskisches Meer
$P_1 + 3P_7$	NO-Pazifik, Alaska, NW-Amka, N-Skandinavien	NO-Amerika, Ochotskisches Meer
$P_1 - P_7$	O-Atlantik (schwach)	NO-Amerika, NO-Europa, NO-Asien
$P_1 - 2P_7$	SO-Atlantik, SW-Europa, M-Pazifik	NW-, NO-Amerika, NO-Europa, Mandschurei, Ochotskisches Meer
$P_1 - 3P_7$	SW-Amerika, SO-Atlantik, SW-Europa, M-Pazifik	NW-, NO-Amerika, NO-Europa, O-Asien
$P_1 + P_8$	England (schwach), O-Europa	NO-Amerika, NO-Asien, Ochotskisches Meer
$P_1 + 2P_8$	O-Atlantik, O-Europa, Ural	NO-Amerika, NO-Asien, Ochotskisches Meer
$P_1 + 3P_8$	NO-, O-Atlantik, Ural	NO-Amerika, NO-Asien, Ochotskisches Meer, O-Mandschurei
$P_1 - P_8$		NO-Amerika (schwach), NO-Europa, NO-Sibirien (schwach)
$P_1 - 2P_8$		NO-Amerika, NO-Europa, NO-Sibirien
$P_1 - 3P_8$	SO-Atlantik, M-S-Sibirien	NO-Amerika, NO-Europa, Ural, M-, NO-Sibirien, Ochotskisches Meer, NW-Pazifik

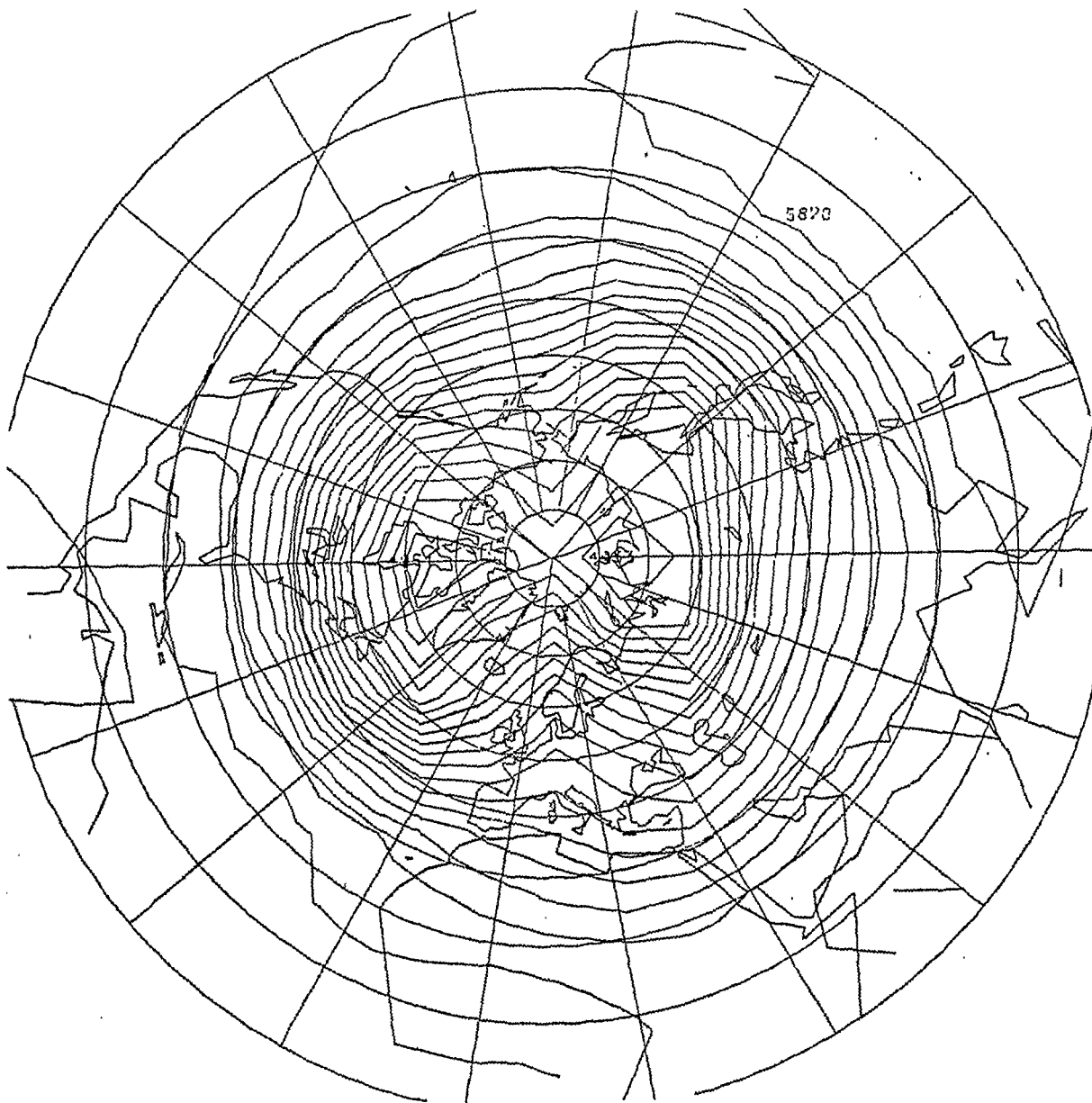
Tabelle (38c)

Erzeugung synthetischer Wetterlagen durch Kination von  $P_1(\phi, \lambda)$  mit  
 $P_2(\phi, \lambda)$  ...  $P_8(\phi, \lambda)$  über der Nordhalbkugel



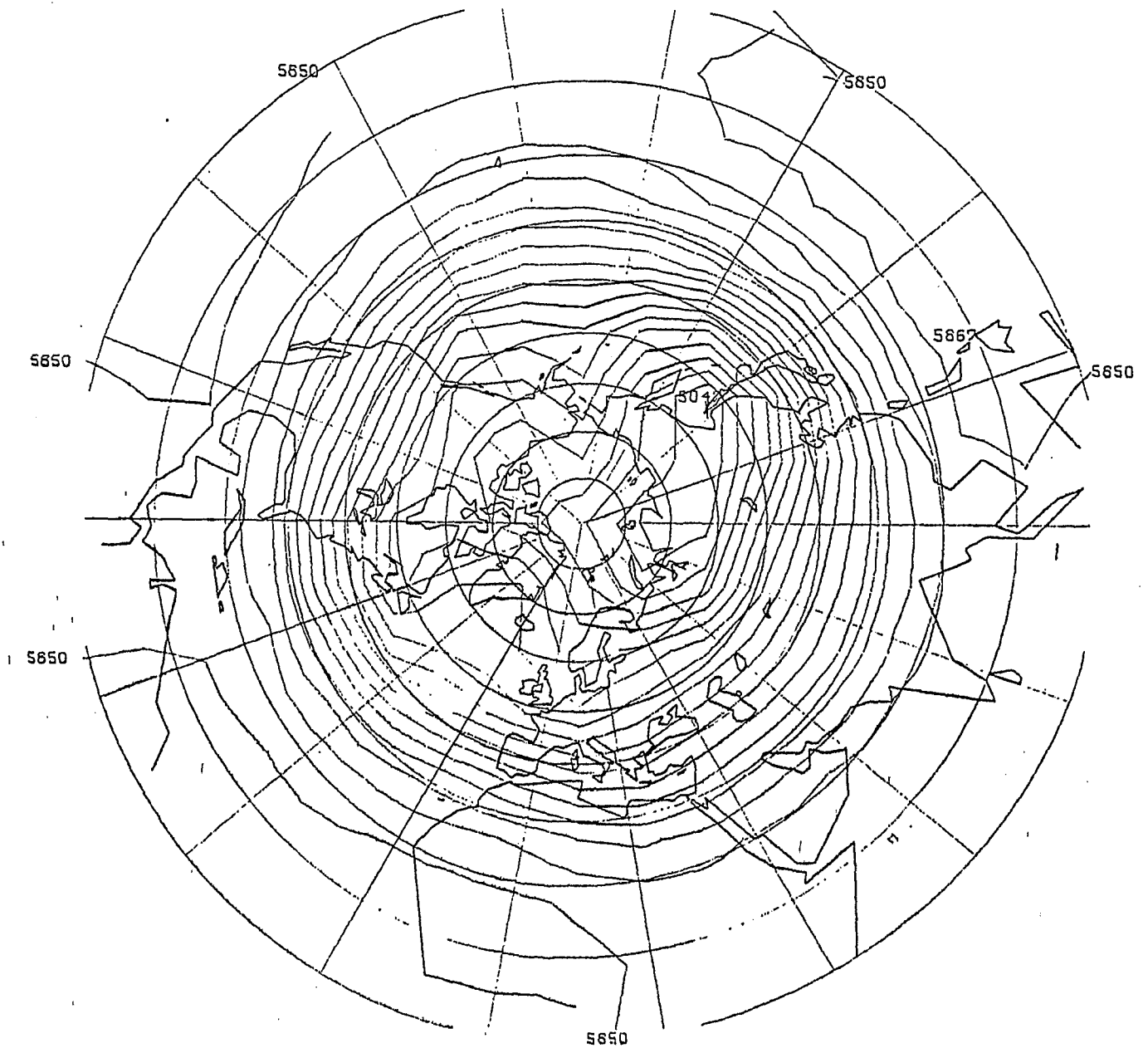
P1+2P2  
 \*\*\*\*\*  
 MASSENHEIT: GPM  
 4 500 MB  
 7.10.1970  
 DIE DER VERZEICHNUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND REGULATOR  
 AM REGULATOR GEFASST  
 KENNZAHL 54 : DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 3. 7. 1970 , DATUM DER DATENAUSGABE 28. 9. 1975  
 ORDNUNG: 12

Abb. 24       $P_1(\phi, \lambda) + 2 P_2(\phi, \lambda)$



P<sub>1</sub> - 2APC  
 HANDBUCH 1. GPH  
 14. 10. 1976  
 1. 1. 1976  
 AUS DER BEWERTUNG ZUGELASSENE DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND REGULATOR  
 AM REGULATOR GEPLÜST  
 KENNZAHL 52, DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 3. 7. 1976, DATUM DER DATENAUSGABE 22. 8. 1976  
 ORDNUNG 12

Abb. 25  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_2(\phi, \lambda)$



$P_1 + 2P_3$   
 MASSEINHEIT, GPH  
 19 500 MS  
 PUE\* JANUAR  
 DIE DER BERECHNUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR GESPIEGELT  
 KENNZAHL 54, DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 10. 11. 1976, DATUM DER DATENAUSGABE 13. 11. 1976  
 DRUCKUNG: 12

Abb. 26  $P_1(\phi, \lambda) + 2 \cdot P_3(\phi, \lambda)$

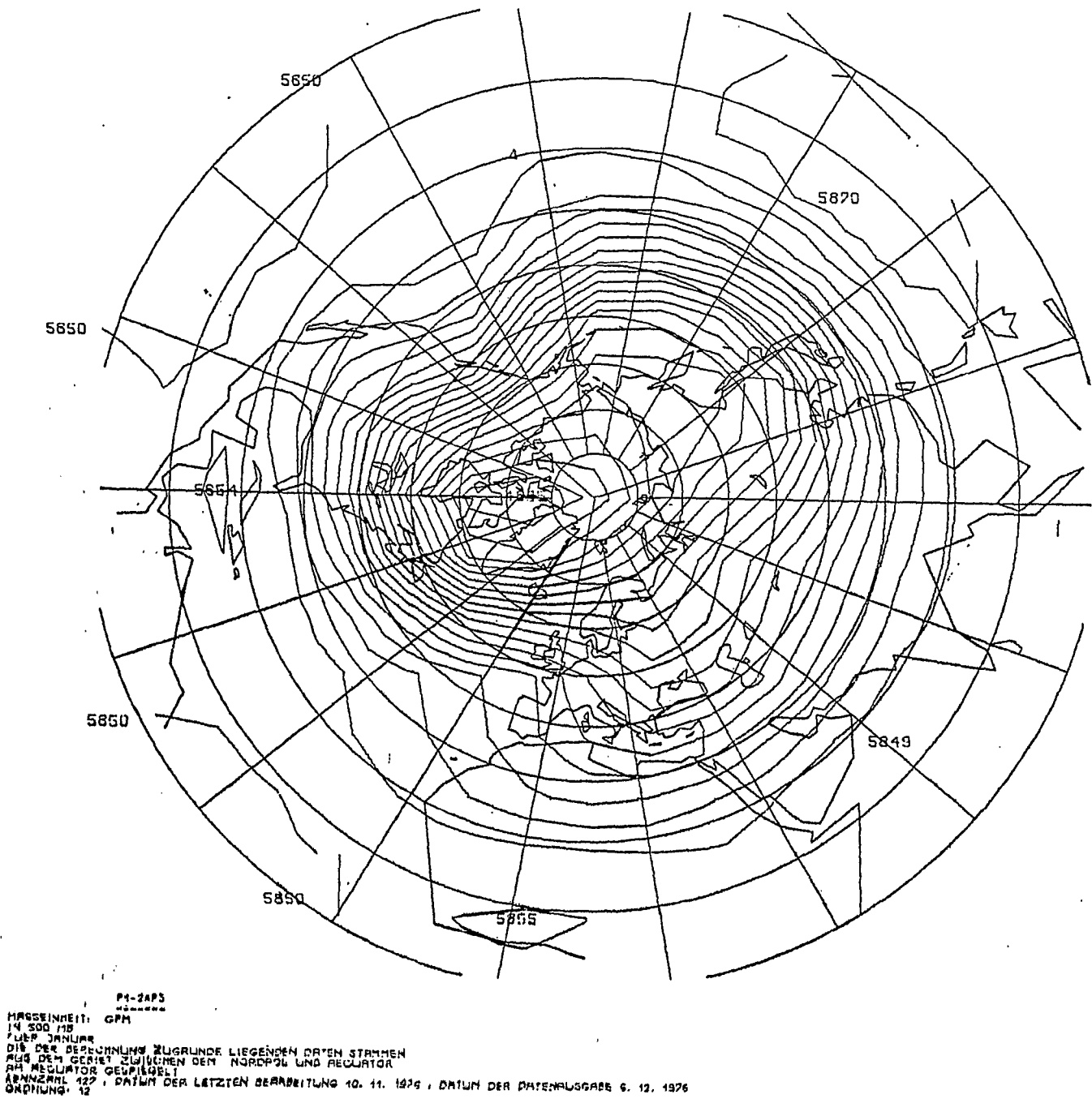
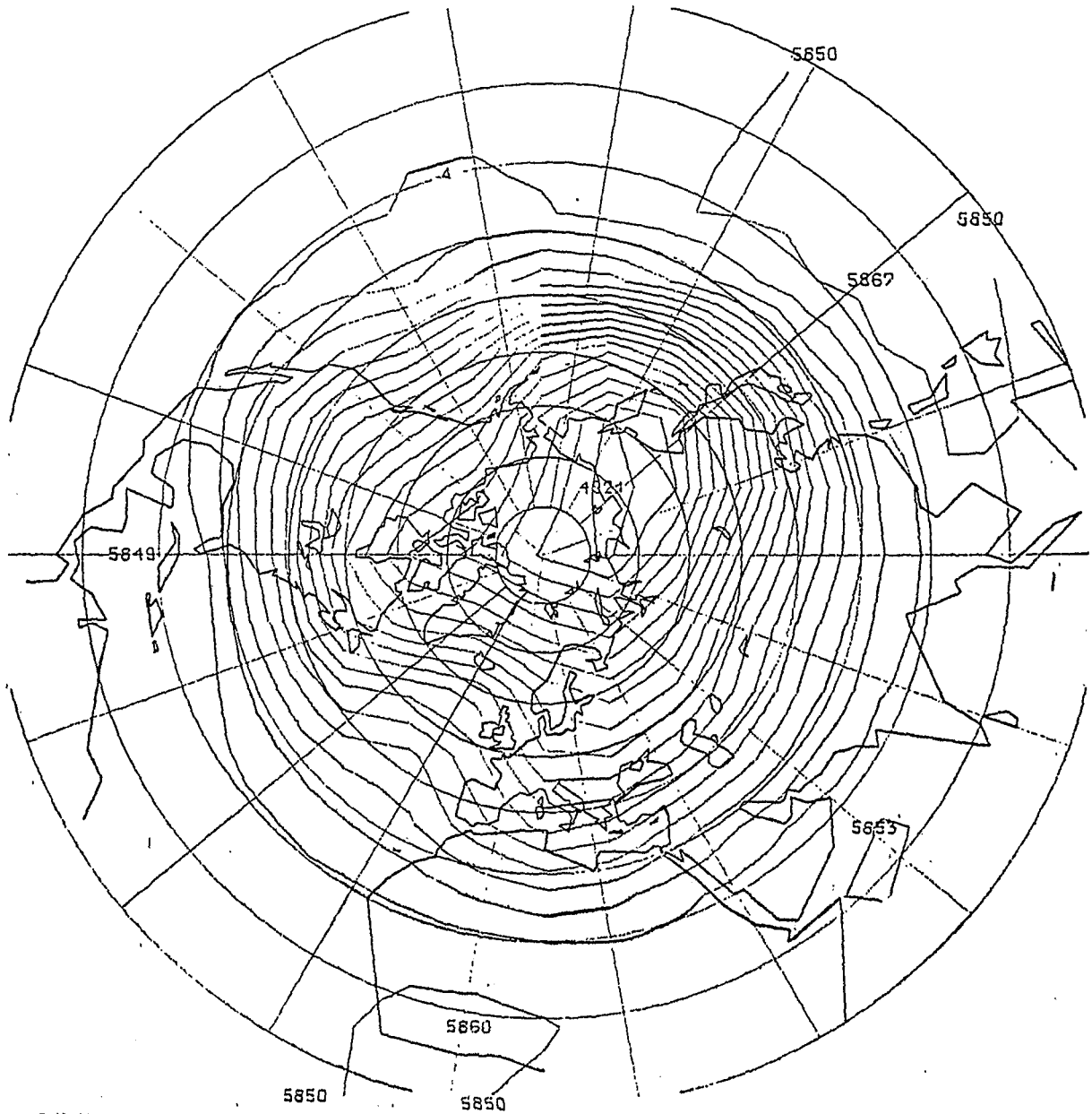


Abb. 27  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_3(\phi, \lambda)$



P-422P4

MASSSEINHEIT: GPM

IN 500 MB

FÜR JANUAR

DIE DER BERECHNUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN

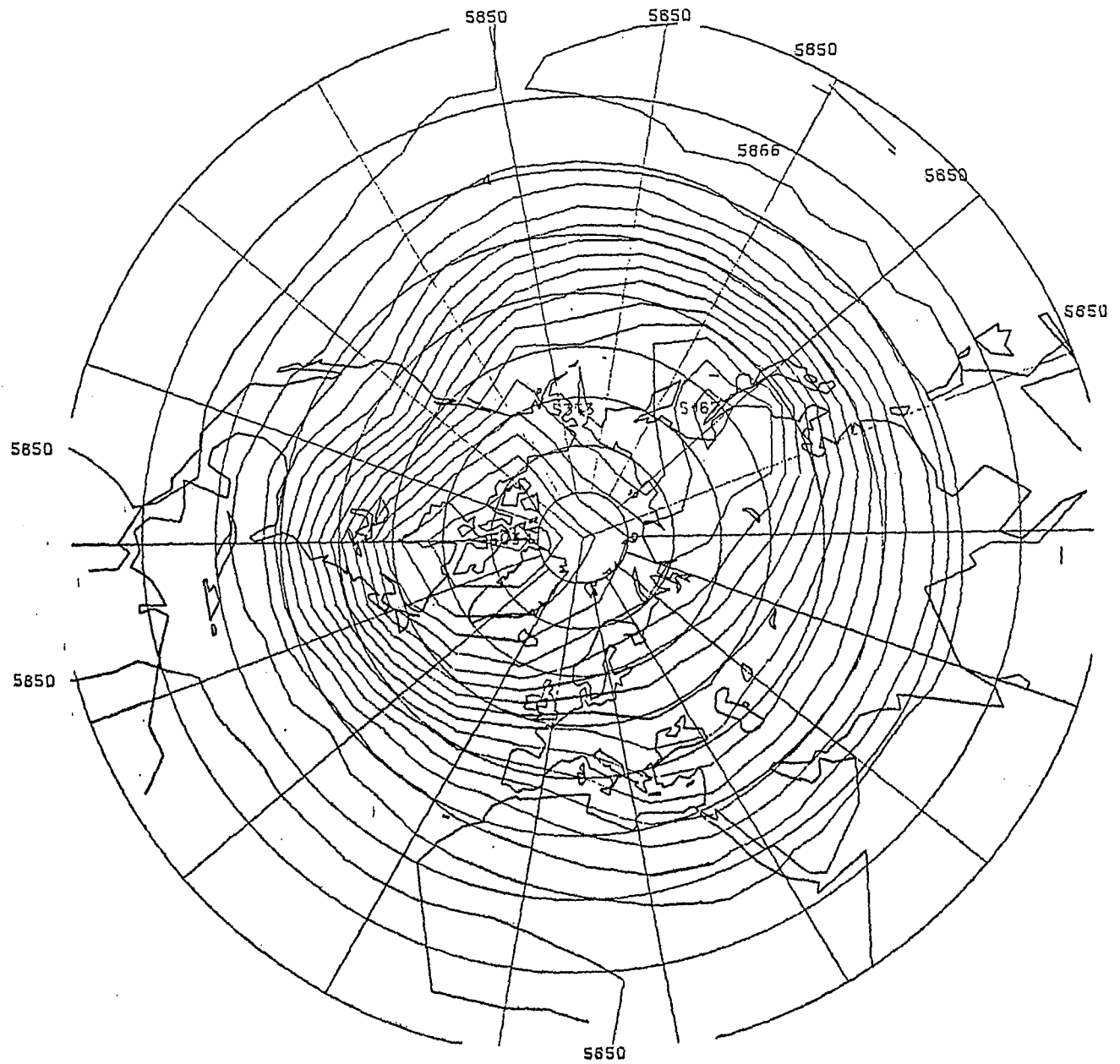
AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR

AM ÄQUATOR GEGENÜBER

KENNZAH 111, DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 10. 11. 1975, DATUM DER DATENAUSGABE 13. 11. 1976

DRUCKUNG 12

Abb. 28  $P_1(\phi, \lambda) + 2 P_4(\phi, \lambda)$



PA-8889  
 HÄRGEINHEIT: GPM  
 IN 500 M  
 FÜR JANUAR  
 DIE DER BEZEICHNUNG ZUGELASSE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR GEMITTELT  
 KONTAKT 130. DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 10. 11. 1976, DATUM DER DATENAUSGABE 9. 12. 1976  
 GABUNG: 12

Abb. 29  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_4(\phi, \lambda)$



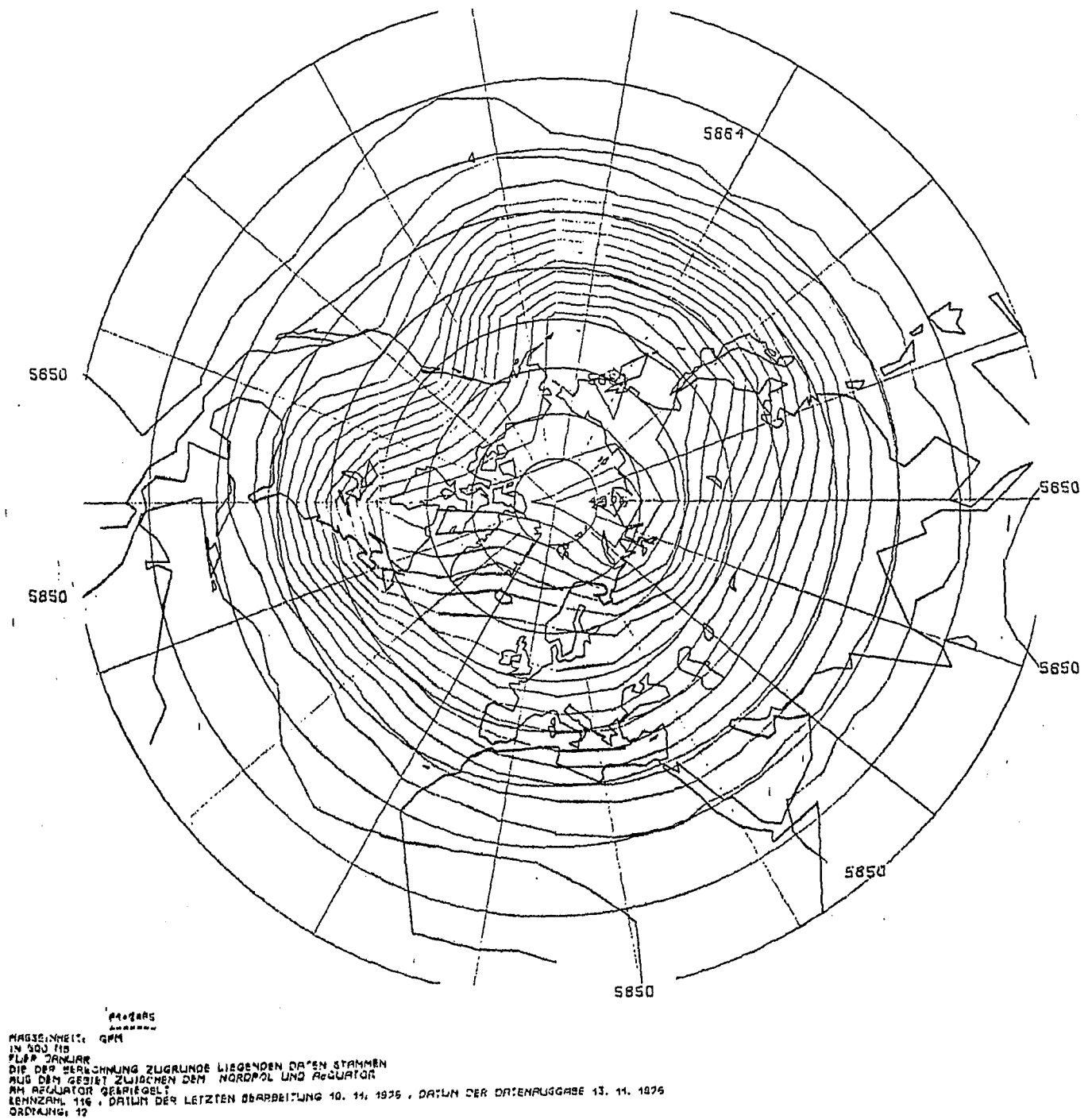
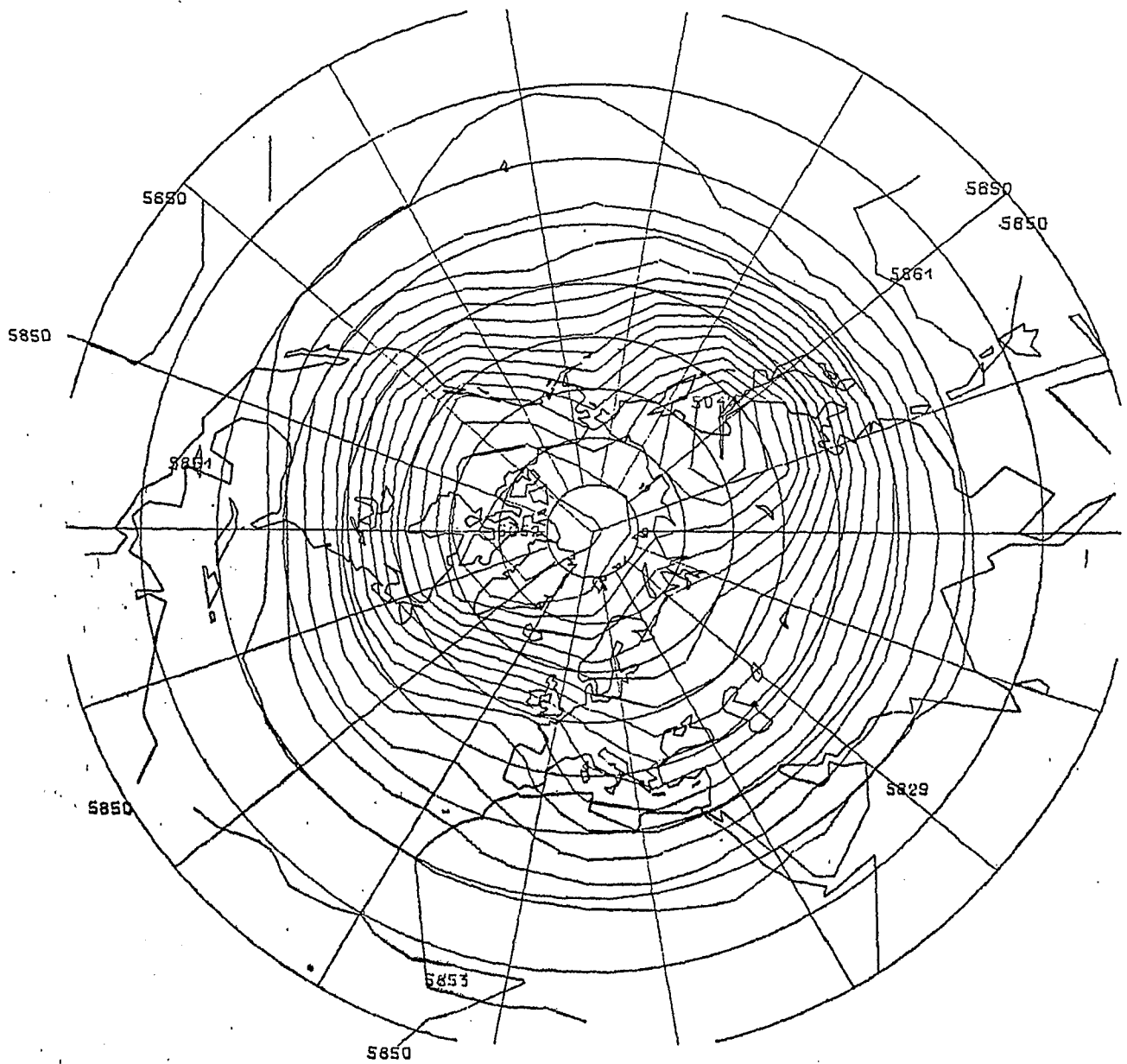
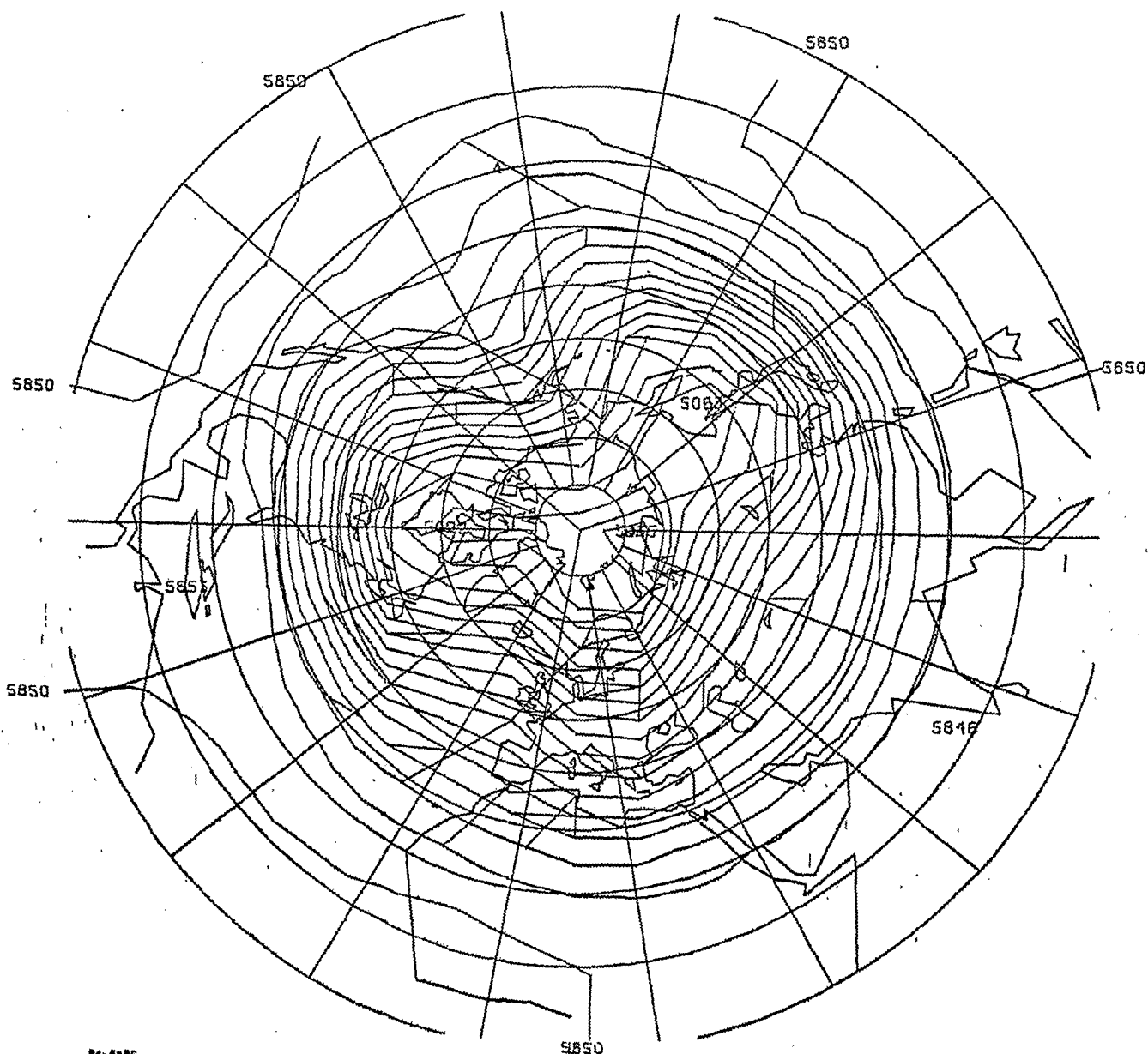


Abb. 30  $P_1(\phi, \lambda) + 2 P_5(\phi, \lambda)$



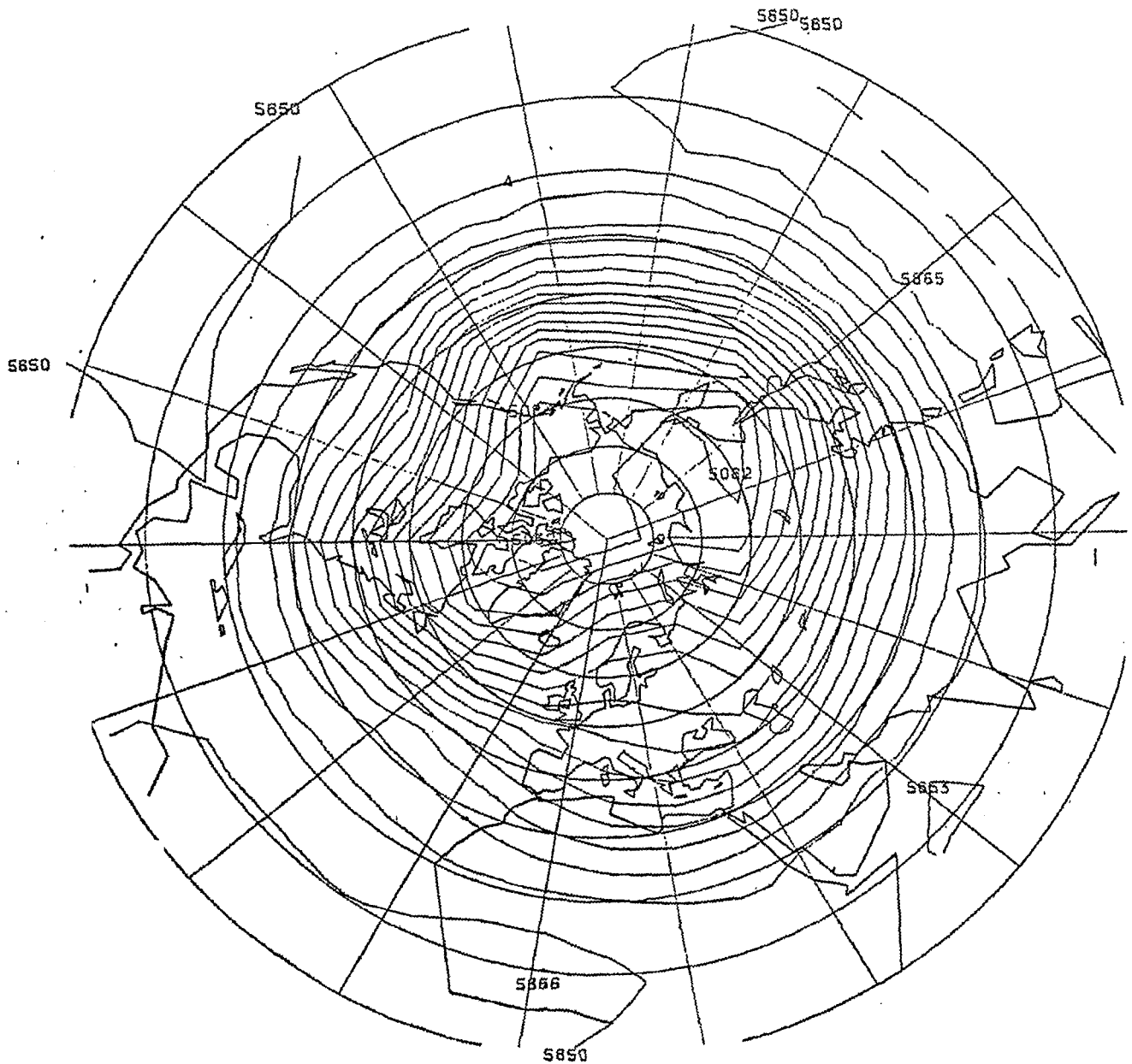
IP4-2495  
 MASSINGHEIT: GPH  
 IN GUS 118  
 AUF 1 JAHRE  
 DIE DER BEWECHUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR GESPICGELT  
 BEZUGSZAHL 132, DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 10. 11. 1976, DATUM DER DATENAUSGABE 8. 12. 1976  
 DRUCKUNG: 12

Abb. 31  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_5(\phi, \lambda)$



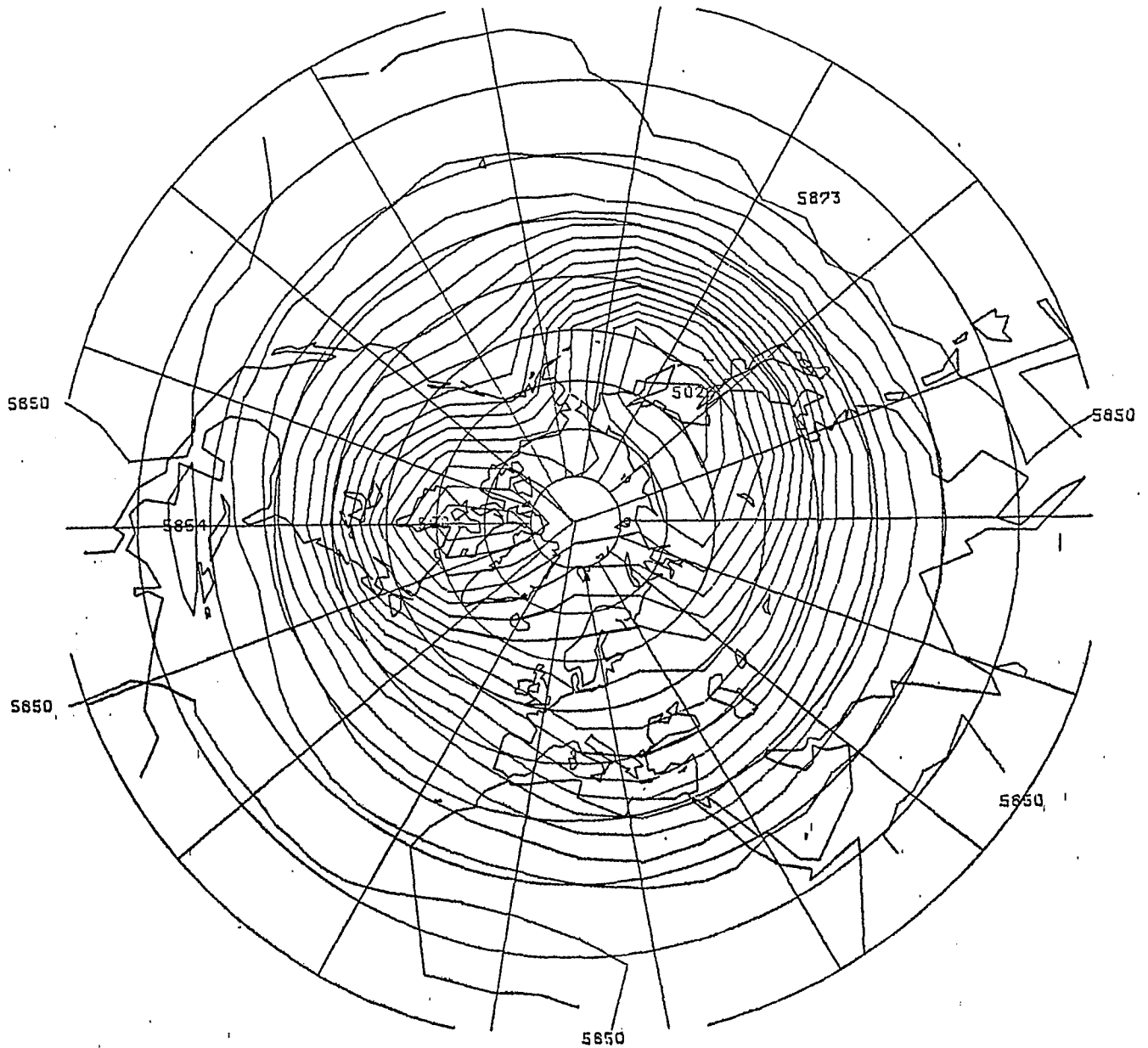
MASSSTAB: 1:500 000  
 14. 1. 1977  
 DIE BEI DER VERARBEITUNG ZUGELASSENE LIEGENDE DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND REGULATOR  
 AM REGULATOR GEBIET  
 19. 1. 1977  
 19. 1. 1977

Abb. 32  $P_1(\phi, \lambda) + 2 P_6(\phi, \lambda)$



P1-28P6  
 MASSENHEIT: GPM  
 IN 500 MS  
 FÜR ZAMMEN  
 DIE DER BEWERTUNG ZUGRÜNDE LIEGENDE DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR GEFÜNDELT  
 BEZUGSWEISE 135, DATUM DER LETZTEN BEWERTUNG 10. 11. 1976, DATUM DER DATENAUSGABE 6. 12. 1976  
 GEDRUCKT: 12

Abb. 33  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_6(\phi, \lambda)$



P102007  
 MASSENHEIT: GPM  
 IN 500 MB  
 1. JANUAR  
 DIE DER BERECHNUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR GEGENÜBER  
 KENNZAH 122, DATUM DER LETZTEN BEWERTUNG 10. 11. 1976, DATUM DER DATENABGABE 31. 12. 1976  
 ORDNUNG: 12

Abb. 34  $P_1(\phi, \lambda) + 2 P_7(\phi, \lambda)$

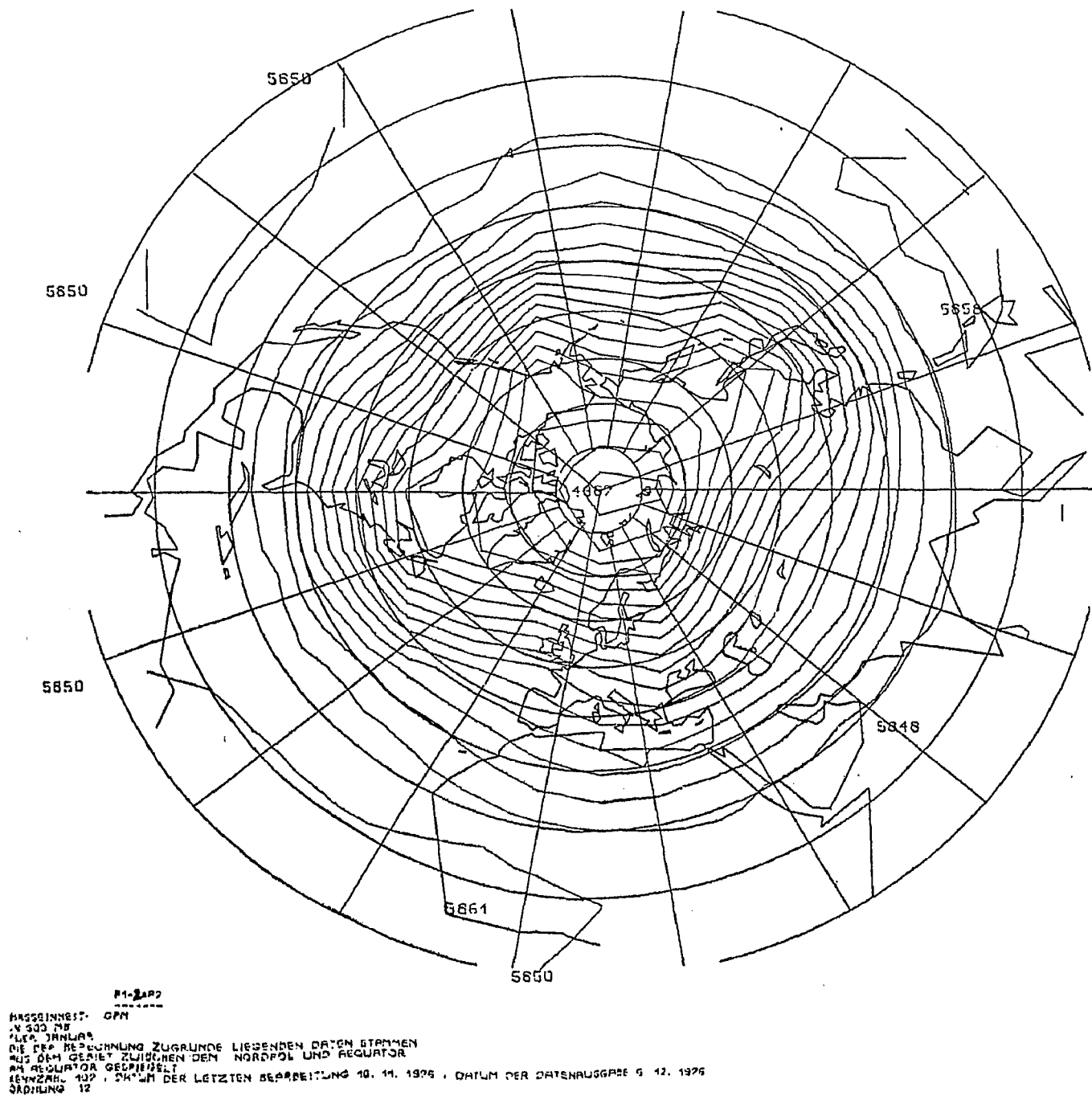
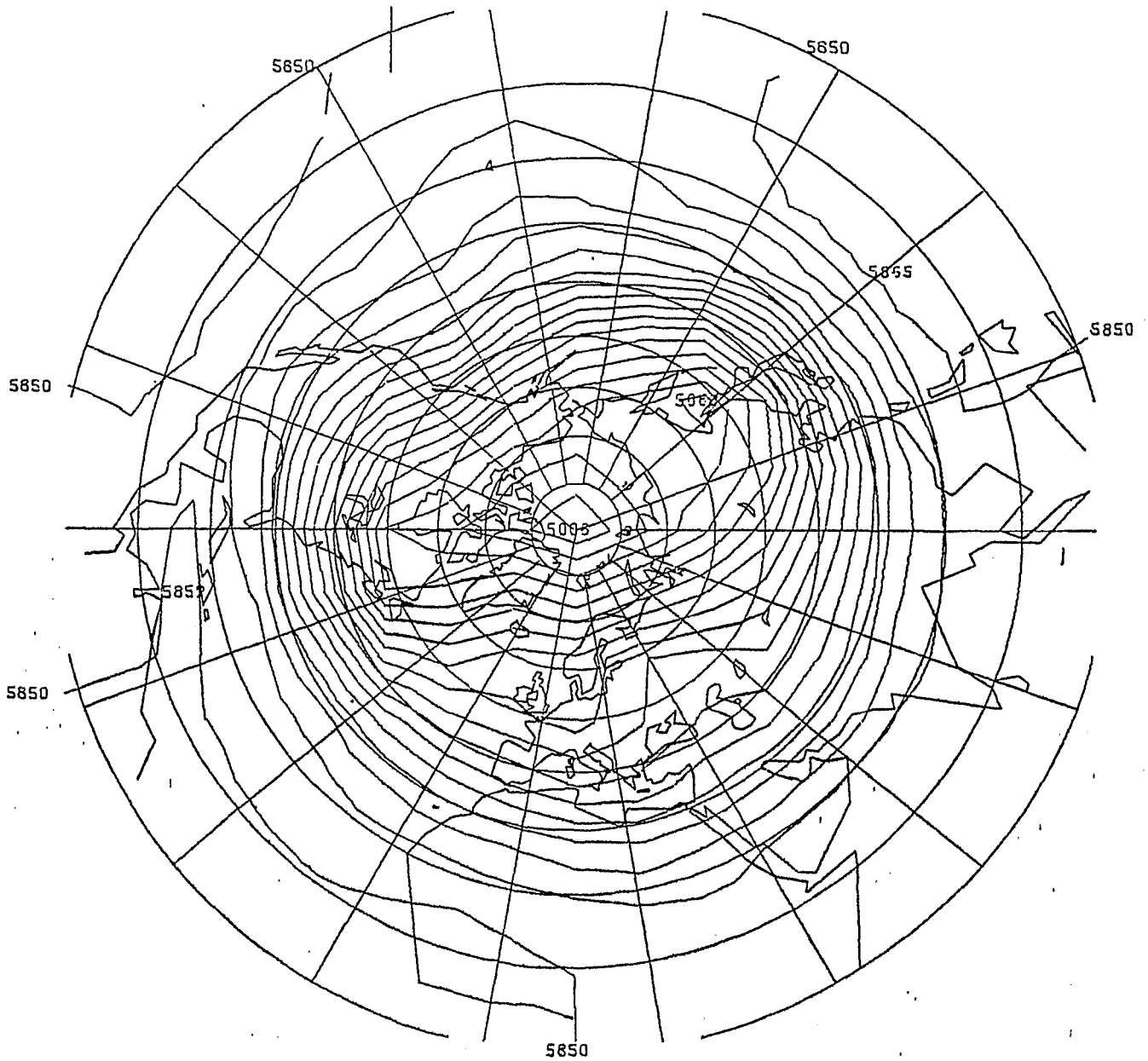
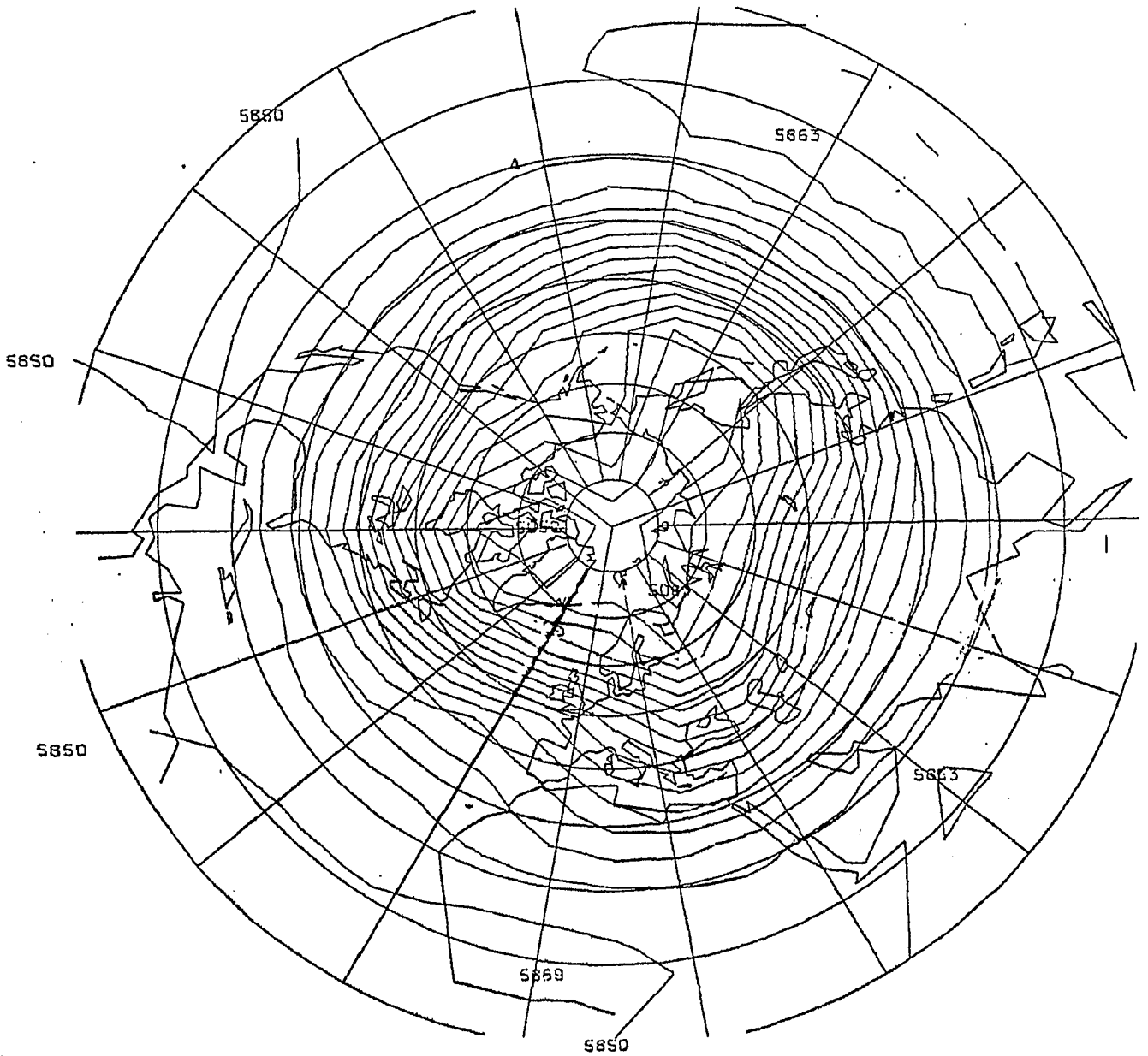


Abb. 35  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_7(\phi, \lambda)$



P1-2ap6  
 MAGNITUDE: GPM  
 IN 500 MB  
 PLATZ 20000  
 DIE DER BERECHNUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DEM GEBIET ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR GEGENÜBER  
 KENNZAHLE 125, DATUM DER LETZTEN BEARBEITUNG 10. 11. 1976, DATUM DER DATENAUSGABE 11. 12. 1976  
 ORDNUNG: 12

Abb. 36  $P_1(\phi, \lambda) + 2 P_8(\phi, \lambda)$



P1-2228  
 MASSSTAB: 1:500 000  
 IN 500 M  
 FLUR, JANUAR  
 DIE DER BEZEICHNUNG ZUGRUNDE LIEGENDEN DATEN STAMMEN  
 AUS DER BEZEICHNUNG ZWISCHEN DEM NORDPOL UND ÄQUATOR  
 AM ÄQUATOR 2228  
 KENNZAHLE 112, DATUM DER LETZTEN BEWERTUNG 10. 11. 1975, DATUM DER DATENAUSGABE 5. 12. 1976  
 ORDNUNG: 12

Abb. 37  $P_1(\phi, \lambda) - 2 P_8(\phi, \lambda)$



Aus Tab.	Gebiete mit hohem Geopotential bei MERIDIONALER Strömung	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
17	M-N-, NO-Pazifik	(+)	o	-	(-)	-	(-)	+
19	N-, NO-Kanada	+	o	-	-	o	o	o
20	Davisstr., S-Grönland, NW-, N-, M-N-Atlantik	+	(+)	-	o	o	o	+
16	M-O-, O-, SO-Atlantik	(+)	(-)	-	(-)	-	o	o
21	SO-, O-, M-Europa	+	+	o	o	(-)	o	+
22	M-S-, SW-Sibirien, M-S-Ural, Kaspisches Meer	(+)	+	-	(-)	o	o	+
23	N-, NW-Ural, N-, NW-Sibirien, Barentsee, Karasee, Nowaja-, Sewernaja-Semlja	+	o	-	(-)	-	o	o
24	NO-, O-Sibirien, SW-, W-Alaska, Beringmeer	+	o	-	(-)	o	o	o

+ : = in mehr als 75 % der untersuchten Termine positives Vorzeichen

- : = in mehr als 75 % der untersuchten Termine negatives Vorzeichen

o : = keine Vorzeichenangabe

○ : = als richtig nach Überprüfung mit synthetischen  $P_1(\phi, \lambda) \pm \dots P_8(\phi, \lambda)$  erkannt

Tabelle (39)

Überprüfung der Ergebnisse für Gebiete mit hohem Geopotential bei  
MERIDIONALER Strömung.

Aus Tab.	Gebiete mit hohem Geopotential bei ZONALER Strömung über	$c_2(t)$	$c_3(t)$	$c_4(t)$	$c_5(t)$	$c_6(t)$	$c_7(t)$	$c_8(t)$
25	Alaska, Beaufortsee, Beringstr., Beringmeer	-	⊖	o	⊕	-	o	o
26	SW-, W-Amerika	-	⊖	o	⊕	⊖	⊖	o
27	M-N-Kanada	-	-	+	o	o	-	o
29	N-, NO-, M-Europa	⊖	⊖	o	+	⊖	o	o
30	SO-Atlantik, SW-Europa	-	⊖	⊕	o	-	⊖	o
31	SO-, M-O-Europa	-	-	+	+	⊖	-	o
32	M-S-, SW-Sibirien	-	⊖	+	+	+	-	⊕
33	M-N, NO-Sibirien	-	-	o	o	-	o	o
34	NO-Pazifik	-	-	+	+	o	o	o

+ : = in mehr als 75 % der untersuchten Termine positives Vorzeichen

- : = in mehr als 75 % der untersuchten Termine negatives Vorzeichen

o : = keine Vorzeichenangabe

⊖ : = als richtig nach Überprüfung mit synthetischen  $P_1(\phi, \lambda) \pm \dots P_8(\phi, \lambda)$  erkannt

Tabelle (40)

Überprüfung der Ergebnisse für Gebiete mit hohem Geopotential bei ZONALER Strömung.

## X. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Ohne etwas von der tatsächlichen Wetterlage an irgend einem Tage zu wissen, sind wir jetzt in der Lage, eine Aussage über den Charakter der Strömung sowie das Geopotentialfeld zu machen, wenn wir die ersten Koeffizienten von diesem Termin kennen. Wir müssen nur in die Tabelle (39) oder (40) diejenigen Vorzeichen aufsuchen, die an diesem Tage mit den überprüften übereinstimmen.

Klar geht aus den Untersuchungen hervor, daß mit dem Vorzeichen des zweiten Koeffizienten die Zirkulationsform entschieden wird. Wie die Ergebnisse der Tabellen (39, 40) zeigen, liegt bei negativem  $c_2(t)$  eine zonale Strömung über dem größten Teil der Nordhalbkugel vor. Ist  $c_2(t)$  dagegen positiv, so ist die Zirkulation von meridionalen Charakter.

Wenn wir also von einem Termin die Koeffizienten ansehen, so können wir sagen, daß zum Beispiel bei negativem  $c_2(t)$  und negativem  $c_6(t)$  über M-, O-, SO-Europa ein Rücken liegt. Für das M-S-, SW-Sibirien ist  $c_3(t)$  negativ und  $c_8(t)$  positiv. Ebenfalls bei negativem  $c_3(t)$  aber positivem  $c_5(t)$  finden wir einen Rücken über Alaska, der Beaufortsee, der Beringstr. und dem Beringmeer.

Hohe Geopotentialwerte in 500 mb über SW- und W-Amerika können wir mit vier Koeffizienten beschreiben, nämlich mit negativem  $c_3(t)$ ,  $c_6(t)$  und  $c_7(t)$  und positivem  $c_5(t)$ . Für einen Rücken über N-, NO-, M-Europa sind  $c_2(t)$ ,  $c_3(t)$  und  $c_6(t)$  negativ, während ein Rücken über dem SO-Atlantik und SW-Europa ein positives  $c_4(t)$  hat, dagegen sind  $c_3(t)$  und  $c_7(t)$  negativ.

Eine analoge Unterteilung wurde auch für die meridionale Strömung vorgenommen, Tabelle (39). Hier ergaben sich für einen Rücken über M-O-, O-, SO-Atlantik positive  $c_2(t)$ , während  $c_3(t)$  und  $c_5(t)$  negativ sind. Sind dagegen  $c_5(t)$

und  $c_7(t)$  negativ, so finden wir hohe Geopotentialwerte über dem M-N-, NO-Pazifik. Hochreichende Antizyklogen über Ural, Sibirien, Barentsee, Karasee, Nowaja- und Sewernaja Semlja, SW-, W-Alaska und dem Kaspischen Meer sind durch negatives  $c_5(t)$  gekennzeichnet. Wie schon bei der zonalen Strömung, finden wir auch bei meridionaler Strömung einen Rücken über M-, O-, SO-Europa, wenn  $c_6(t)$  negativ ist.

Die Ergebnisse zeigen, daß die wichtigsten Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen in der Lage sind, gewisse Wetterlagen zu beschreiben. In dieser Arbeit habe ich mich auf die stark zonal und meridional geprägte Zirkulation beschränkt. Ob es auch möglich ist, "Durchschnittswetterlagen" mit bestimmten Koeffizienten der natürlichen Orthogonalfunktionen eindeutig festzulegen, wird weiteren Untersuchungen vorbehalten sein.

## XI. DANKSAGUNG

Diese Arbeit wurde als Teil des Forschungsprojektes "Energiehaushalt und Zirkulation der Atmosphäre" mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziell gefördert.

Die umfangreichen Berechnungen wurden am Rechenzentrum der Kieler Universität durchgeführt. Beiden Institutionen sei dafür gedankt.

## XII. LITERATUR

- (1) BODIN, S., A quasi-geostrophic 3-parameter Numerical Prediction Model in Empirical Functions, Notiser och preminära rapporter, Serie Met., Nr. 33.
- (2) FUKUOKA, A study on 10-day Forecast, Geophysical Magazine, Vol. 22, No. 3, Feb. 1951.
- (3) LORENZ, E.N., Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction. Fin. Rep. Statist. Forecasting Proj. 1959. Mass. Inst. Techn., Dep. of Met. Anhang I, S. 29-78.
- (4) HOLMSTRÖM, On a method for Parametric Representation of the State of Atmosphere, Tellus 15, 1963.
- (5) ERDMANN, H., Die Entwicklung vertikaler natürlicher Orthogonal-funktionen aus einer Serie von Radiosondendaten der Stationen Erlangen/Stuttgart unter Berücksichtigung des Jahresganges und die meteorologische Interpretation der wichtigsten Funktionen. Diplomarbeit Math.-Naturwiss. Fak. Univ. Kiel 1974.
- (6) CRADDOCK, J.M. und FLOOD, C.R., Eigenvectors for representing the 500 mb geopotential surface over the Northern Hemisphere, Quart. J.R. Soc. 95, No. 405, S. 576-593, 1969.
- (7) FECHNER, H., Darstellung des Geopotentials der 500 mb-Fläche der winterlichen Nordhalbkugel durch natürliche Orthogonal-funktionen, Bericht IfM. Kiel Nr. 5., 1975.
- (8) MANGOLDT, H.v., KNOPP, K., Einführung in die höhere Mathematik, 3. Band, 13. Auflage, S. Hirzel Verlag Leipzig, S. 517-527, 1970.
- (9) ZURMÜHL, R., Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker. 4. Auflage Berlin-Göttingen-Heidelberg, S. 319-325, 1963.
- (10) MAAK, W., Differential- und Integralrechnung, 4. Auflage, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, S. 45-61, 1969.
- (11) COURANT, R., Vorlesungen über Differentialrechnung, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New-York, S. 396-400, 1967.

- (12) BEHNKE, H., FRAM, G., COLLATZ, L., SAUER, R., UNGER, H.,  
Grüße der Mathematik, Band V, Göttingen,  
Vandenhoeck & Ruprecht, S. 389-390, 1968.
- (13) BEHNKE, H., IMANN, F., FLADT, K., SÜSS, W., Grundzüge  
der Mathematik, Band III, Göttingen, Vandenhoeck  
& Ruprecht, S. 227-228, 1968.
- (14) JOOS, G., KALL, Th., Höhere Mathematik für den Praktiker,  
6. Auflage, Johann Brosius Verlag, Leipzig, S. 147-148,  
1955.
- (15) BEHNKE, H., FRAM, G., COLLATZ, L., SAUER, R., UNGER, H.,  
Grüße der Mathematik, Band V, Göttingen, Vandenhoeck  
& Ruprecht, S. 151-152, 1968.
- (16) DÖRFLING, R., Mathematik für Ingenieure und Techniker, 7. Auflage,  
R. Oldenbourg, München-Wien, S. 569-573, 1965.
- (17) PESCHL, R., Praktische Geometrie und lineare Algebra, BI-Hoch-  
schulschriften Band 15/15a, Mannheim, S. 107, 1961.
- (18) GNEDENKO, B., Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung,  
3. Auflage, Akademie Verlag, Berlin, S. 166, 1962.
- (19) DUSCHEK, A., Vorlesung über höhere Mathematik, Band II,  
Wiley-Verlag, S. 303-305, 1963.
- (20) LIEBING, H., Grundlagen zur objektiven Ermittlung eines Boden-  
luftdruckfeldes für ein begrenztes Gebiet (Ostsee),  
Diplomarbeit Math.-Naturwiss. Fak. Univ. Kiel, 1976.
- (21) HUSCHKE, R., Glossary of Meteorology, American Met. Society,  
Boston Mass., S. 97, 280, 364, 637, 1959.
- (22) BERRY, F.A., LAY, E., BEARS, N., Handbook of Meteorology,  
McGraw-Hill Book Company, Inc., New-York-London,  
S. 520, 1945.

# XIII. BELLENVERZEICHNIS I:

## Tabell:ite

1	0	Subjektive Terminauswahl zonaler Wetterlagen
2	5	Subjektive Terminauswahl meridionaler Wetterlagen
3-6	-42	Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten $b_2(t) > -222$ gpm
8-15	-50	Terminauswahl mit Hilfe des 2. Kugelflächenfunktionskoeffizienten $b_2(t) < -286$ gpm
16	7	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-O-, O-, SO-Atlantik. Meridionaler Strömungsfall
17	8	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für NO-, M-N-Pazifik. Meridionaler Strömungsfall
18	3	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für SO-Pazifik. Meridionaler Strömungsfall
19	3	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für NO-, N-Kanada. Meridionaler Strömungsfall
20	3	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für NW., N-, M-N-Atlantik, Davisstr., S-Grönland. Meridionaler Strömungsfall
21		Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für SO-, O-Europa. Meridionaler Strömungsfall
22		Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-S., SW-Sibirien, Kaspische Meer, M-S-Ural. Meridionaler Strömungsfall
23		Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für N-, NW-Ural, N-, NW-Sibirien, Barentsee, Karasee, Sewernaja-, Nowaja-Semlja. Meridionaler Strömungsfall
24		Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für NO-, O-Sibirien, SW-, W-Alaska, Beringmeer. Meridionaler Strömungsfall

## TABELLENVERZEICHNIS II:

Tabelle	Seite	
25	65	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für Alaska, Beaufortsee, Beringstr., Beringmeer. Zonaler Strömungsfall
26	66	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für Mexiko, SW-, W-Amerika. Zonaler Strömungsfall
27	67	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-N-Kanada. Zonaler Strömungsfall
28	68	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für Dänemarkstr., O-, SO-Grönland, Island. Zonaler Strömungsfall
29	69	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für N-, NO-Europa. Zonaler Strömungsfall
30	70	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für SW-Europa, SO-Atlantik. Zonaler Strömungsfall
31	71	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für SO-, O-Europa, S-Ural. Zonaler Strömungsfall
32	72	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-S-, SW-Sibirien. Zonaler Strömungsfall
33	73	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-N-, NO-Sibirien. Zonaler Strömungsfall
34	74	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für NO-Pazifik. Zonaler Strömungsfall
35	75	Prozentuale Häufigkeit von positiven oder negativen Koeffizienten bei meridionalen Wetterlagen mit $b_2(t) > -222$ gpm
36	76	Prozentuale Häufigkeit von positiven oder negativen Koeffizienten bei zonalen Wetterlagen mit $b_2(t) < -286$ gpm



# TABELLENVERZEICHNIS III:

Tabelle Seite

37	83	Prozentuale Vorzeichenverteilung der Koeffizienten der nat. Orthogonalfunktionen für M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten des DWD
38a,b,c	91-93	Erzeugung synthetischer Wetterlagen durch Kombination von $P_1(\phi, \lambda)$ mit $P_2(\phi, \lambda) \dots P_8(\phi, \lambda)$ über der Nordhalbkugel
39	108	Überprüfung der Ergebnisse für Gebiete mit hohem Geopo- tential bei MERIDIONALER Strömung
40	109	Überprüfung der Ergebnisse für Gebiete mit hohem Geopo- tential bei ZONALER Strömung

# XIV. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbil- dung	Seite	
1	28	Die Nordhalbkugel mit Gebietseinteilung
2	31	Punktwolkendarstellung von $w_4c_4(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
3	31	Punktwolkendarstellung von $w_5c_5(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
4	32	Punktwolkendarstellung von $w_6c_6(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
5	32	Punktwolkendarstellung von $w_7c_7(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
6	33	Punktwolkendarstellung von $w_8c_8(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
7	36	Punktwolkendarstellung von $w_2c_2(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
8	36	Punktwolkendarstellung von $w_3c_3(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. Subjektive Terminauswahl
9	51	Punktwolkendarstellung von $w_2c_2(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
10	51	Punktwolkendarstellung von $w_3c_3(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
11	52	Punktwolkendarstellung von $w_4c_4(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
12	52	Punktwolkendarstellung von $w_5c_5(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
13	53	Punktwolkendarstellung von $w_6c_6(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
14	53	Punktwolkendarstellung von $w_7c_7(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
15	54	Punktwolkendarstellung von $w_8c_8(t)$ für zonale und meridionale Wetterlagen. "b <sub>2</sub> (t) - Termine"
16	84	Punktwolkendarstellung von $w_2c_2(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten
17	84	Punktwolkendarstellung von $w_3c_3(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten

Abbildung	Seite	
18	85	Punktwolkendarstellung von $w_4 c_4(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten
19	85	Punktwolkendarstellung von $w_5 c_5(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten
20	86	Punktwolkendarstellung von $w_6 c_6(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten
21	86	Punktwolkendarstellung von $w_7 c_7(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten
22	87	Punktwolkendarstellung von $w_8 c_8(t)$ für hohe Geopotentialwerte über M-N-, N-, NO-Europa. Termine aus Wetterkarten
23	90	1. nat. Orthogonalfunktion $P_1(\phi, \lambda)$ der 500 mb-Fläche für den Winter (Dezember, Januar, Februar)
24	94	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_2(\phi, \lambda)$
25	95	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_2(\phi, \lambda)$
26	96	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_3(\phi, \lambda)$
27	97	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_3(\phi, \lambda)$
28	98	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_4(\phi, \lambda)$
29	99	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_4(\phi, \lambda)$
30	100	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_5(\phi, \lambda)$
31	101	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_5(\phi, \lambda)$
32	102	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_6(\phi, \lambda)$
33	103	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_6(\phi, \lambda)$
34	104	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_7(\phi, \lambda)$
35	105	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_7(\phi, \lambda)$
36	106	$P_1(\phi, \lambda) + 2P_8(\phi, \lambda)$
37	107	$P_1(\phi, \lambda) - 2P_8(\phi, \lambda)$